Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLVII. Jahrgang. 1934. Fünftes Heft.

Zur optischen Abbildungsformel.

Von **Wilhelm Volkmann** in Berlin.

1. Einwände gegen die übliche Darstellung.

Die Abbildungsformel für Linsen wird in der Regel aus der Formel für eine brechende Fläche hergeleitet, und diese gewinnt man aus Fig. 1[1].

Setzt man diese Figur einem Unkundigen vor, so kommt er zu der Vorstellung, das Bild eines Achsenpunktes befinde sich da, wo ein von diesem Punkt ausgehender Lichtstrahl nach der Brechung die Achse wieder schneidet. Für das richtige Verständnis dieser Figur muß also mancherlei zuvor erörtert werden.

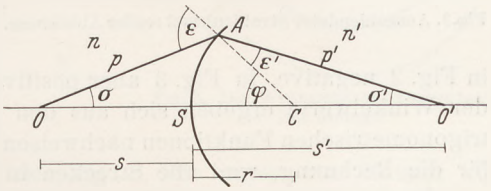

Fig. 1. Übliche Zeichnung zur Ableitung der Abbildungsformel.

Als „Bild“ eines leuchtenden Punktes kann man im weitesten Sinne die Stelle ansprechen, an der zwei benachbarte von ihm ausgehende Strahlen sich nach der Brechung schneiden. Bleibt man zunächst in der Ebene der Fig. 1, so gibt der Schnitt je zweier benachbarter Strahlen je einen Punkt der Kaustik. Diese „Bilder“ liegen also keineswegs auf der Achse. Sie sind lichtschwach, weil das Licht über eine große Fläche (die kaustische Fläche) verteilt ist. Aus diesem Grunde spielen sie bei der Verwendung der Linsen gewöhnlich keine bemerkenswerte Rolle (Büschel in der Achsenebene, Meridionalbüschel).

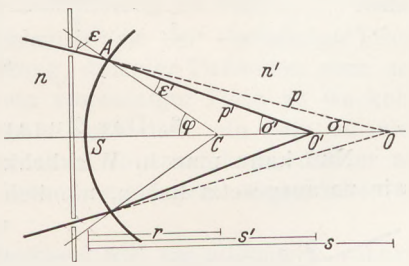

Fig. 2. Ausgeblendeter Strahlenkegel virtueller Abbildung.

Senkrecht zu der Zeichnungsebene benachbarte Strahlen können dem Kegelmantel zugeordnet werden, der durch den Winkel σ mit der Achse bestimmt ist. Diese Strahlen schneiden sich in einem Achspunkt, und hier treffen sich auch alle anderen demselben Kegelmantel zugehörigen Strahlen. Sie haben gleiche Weglänge zurückgelegt, treffen also mit gleicher Schwingungsphase zusammen und geben ein ziemlich helles „Bild“. Die Lage dieses Bildpunktes ist aber vom Winkel σ abhängig, so daß ein längeres Stück der Achse bis zur Spitze der Kaustik hin von „Bildern“ des leuchtenden Punktes erfüllt ist (Büschel quer zur Achsenebene, Sagittalbüschel).

Die Aussonderung eines Kegelmantels ist in den Fig. 2 und 3 dadurch angedeutet, daß vor der brechenden Fläche eine Blende mit schmalem, ringförmigem Schlitz angebracht ist[2].

Fig. 1 will als ein Auszug aus Fig. 3 aufgefaßt sein. Sie bezieht sich nur auf die einem Kegelmantel angehörigen Strahlen und setzt die Kenntnis voraus, daß

[1] Entnommen aus Müller-Pfaundler, Bd. 2, 19. Aufl., Fig. 75, jedoch mit den neuen Bezeichnungen [diese Zeitschr. **45**, 39 (1932), Normblatt DIN 1335] versehen. Die Figuren in vielen anderen Büchern sind im wesentlichen ebenso.

[2] Vgl. hierzu Wilhelm Volkmann: Linsenoptik in der Schule, Fig. 45—49 (Versuche) und Fig. 64—73 (Rechnung). Berlin: Julius Springer 1927.

diese sich in einem Achspunkt treffen. Die Fig. 1 läßt aber alles weg bis auf die in der Rechnung benutzten Linien. Sie kann nicht als eine für die Einführung genügende Zeichnung anerkannt werden, denn das, was sie überspringt, ist für das physikalische Verständnis ganz wesentlich.

2. Die Abbildungsformel für eine Ringzone (Sagittalbüschel).

Was die Fig. 1, 2 und 3 über den Verlauf des ausgesonderten sagittalen Strahlenkegels und die von ihm bewirkte Abbildung aussagen, sei zunächst hingeschrieben. Um einheitliche Gestalt der Formel in allen möglichen Fällen zu erhalten, hat man vereinbart: Zur Achse senkrechte Strecken (z. B. Einfallshöhen) werden oberhalb der Achse positiv, unterhalb der Achse negativ gerechnet. Alle anderen Strecken werden von der brechenden Fläche aus gerechnet, und: Als positiv gilt in der ganzen Zeichnung die Fortpflanzungsrichtung des Lichtes. Diese wählt man, wenn nicht wichtige Gründe dagegen sprechen, stets von links nach rechts. Daraus ergibt sich, daß den Strecken s und p in Fig. 2 negative, in Fig. 3 aber positive Zahlenwerte zu geben sind. Die Vorzeichen der Winkelwerte ergeben sich aus den Vorzeichen der Seitenverhältnisse, die ja die trigonometrischen Funktionen nachweisen. Fig. 2 (virtuelle Abbildung) ist am bequemsten für die Rechnung, weil alle Strecken in ihr positive Zahlenwerte haben.

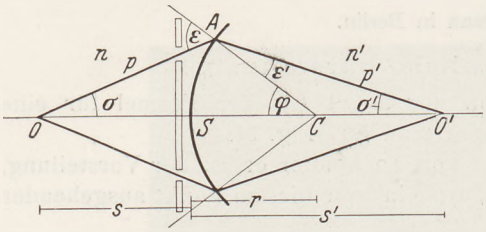

Fig. 3. Ausgeblendeter Strahlenkegel reeller Abbildung.

In den Dreiecken CAO und CAO' ist, weil sich die Seiten wie die Sinus der Gegenwinkel verhalten:

$$\frac{s-r}{p} = \frac{\sin\varepsilon}{\sin\varphi} \quad \text{und} \quad \frac{s'-r}{p'} = \frac{\sin\varepsilon'}{\sin\varphi};$$

ferner ist: $n = n$ und $n' = n'$

und (Brechungsgesetz) $n \cdot \sin\varepsilon = n' \cdot \sin\varepsilon';$

also:
$$n\frac{s-r}{p} = \frac{n\cdot\sin\varepsilon}{\sin\varphi} = n'\frac{s'-r}{p'} = \frac{n'\cdot\sin\varepsilon'}{\sin\varphi},$$

$$n\frac{s-r}{p} = n'\frac{s'-r}{p'}. \tag{1}$$

3. Das Zusammenwirken der Ringzonen.

Nun kann man in Wirklichkeit mit einem Strahlenbüschel, das so dünn ist, wie wir vorausgesetzt haben, nämlich nur der Mantel eines Kegels, gar nichts anfangen, weil es wegen der Wellennatur des Lichtes überhaupt nicht abgesondert werden kann. Nimmt man den Schlitz breiter, so weiß man aus Erfahrung, daß, wie schon erwähnt, im allgemeinen kein genaues Zusammenfallen der „Bilder" zu erwarten ist. Es kann aber die Frage gestellt werden, ob nicht in besonderen Fällen mit einer Kugelfläche ein völliges Zusammenfallen aller „Bilder" erzielt werden kann. Werden alle sagittalen Büschel in einem Punkt vereinigt, so hat das zur Folge, daß auch die meridionalen Büschel sich hier schneiden. Eine solche Vereinigung des ganzen Bündels nennt man in der rechnenden Optik „eine scharfe Abbildung"[1].

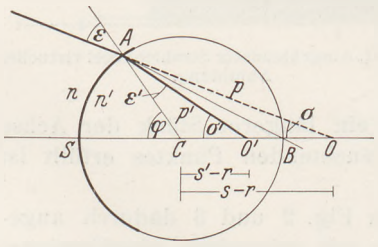

Fig. 4. Ausnahmefall vollkommener Abbildung durch eine Kugelfläche.

Formel (1) bezieht sich auf einen einzigen Kegelmantel, s' ist also abhängig von σ. Die eben aufgeworfene Frage ist gleichbedeutend mit der Forderung, daß s' unabhängig

[1] Ein „Büschel" besteht aus ∞^1 Linien, die eine Fläche füllen; ein „Bündel" besteht aus ∞^2 Linien, die einen Raum füllen. Ein Büschel wird durch einen Parameter bestimmt, ein Bündel durch zwei.

von σ, also für alle Büschel dasselbe sei. Dann folgt, daß auch

$$\frac{p}{p'} = \text{const, und zwar gleich seinem Achswert } = \frac{s}{s'} \text{ sein muß.}$$

Ist dies der Fall, so ist der Kreis, der in der Figur die Spur der brechenden Fläche darstellt, ein Apollonischer Kreis, und er teilt den Abstand OO' außen im Verhältnis s/s'.

Fig. 4 enthält auch den Punkt B, der OO' innen im Verhältnis p/p' teilt. Dort schneidet der Kreis und die Winkelhalbierende zwischen p und p' die Achse. Der halbierte Winkel ist $\varepsilon - \varepsilon'$. Die Winkelhalbierende ist Basis eines gleichschenkligen Dreiecks, an dessen Spitze C der Außenwinkel φ liegt. Die Basiswinkel sind:

$$\varepsilon' + \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{2} = \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{2},$$

also ist: $$\varphi = \varepsilon + \varepsilon'.$$

Ferner ist φ Außenwinkel bei C an den Dreiecken CAO und CAO', deren Winkel bei A ε und ε' sind, also ist:

$$\sigma = \varepsilon' \quad \text{und} \quad \sigma' = \varepsilon.$$

In diesen Dreiecken ist weiter:

$$\frac{s' - r}{r} = \frac{\sin \varepsilon'}{\sin \varepsilon} = \frac{n}{n'} \quad \text{und} \quad \frac{s - r}{r} = \frac{\sin \varepsilon}{\sin \varepsilon'} = \frac{n'}{n},$$

$$\text{also } s' - r = \frac{n}{n'} r \quad \text{und} \quad s - r = \frac{n'}{n} r.$$

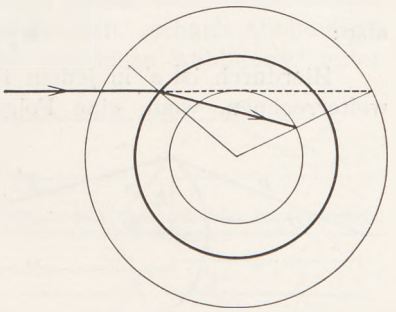

Fig. 5. Die Weierstrass (Young)sche Zeichnung.

Dieses Ergebnis ist auch enthalten in der Fig. 5, die unter dem Namen von Weierstrass allgemein bekannt ist, sich aber schon bei Thomas Young findet[1].

4. Die Lösung ist ein Ausnahmefall, Folgerung daraus.

Die Forderung der „scharfen Abbildung" eines Punktes mit Hilfe einer brechenden Kugelfläche hat sich also als berechtigt erwiesen, allerdings nur für einen einzigen Sonderfall virtueller Abbildung. In jedem anderen Fall geht die Forderung über das Erfüllbare hinaus, sie enthält also mindestens eine Bestimmung zu viel.

Das allgemein bekannte Beispiel für Überbestimmtheit ist der vierbeinige Tisch. Der Tischler hat ihn gearbeitet mit der Voraussetzung, daß der Fußboden eben sei. Da dieses aber in der Regel nicht zutrifft, pflegt ein vierbeiniger Tisch zu wackeln. Er hat eben für den allgemeinen Fall eines unebenen Fußbodens ein Bein zu viel. Wenn es sich um einen Tisch handelt, ist wohl niemand so unerfahren, daß er als Abhilfe für das Wackeln vorschlägt, ein fünftes Bein anzubringen. Sonst aber ist der entsprechende Vorschlag nicht selten.

Wenn hiernach unser Ansatz zu viel enthält, müssen wir, um allgemein „scharfe Abbildung" zu erhalten, mindestens eine Annahme opfern; aber welche?

Die Geradheit der Strahlen?
Das Brechungsgesetz?
Die Kugelfläche?

Die Wahl ist schwer! Sehen wir zu, was bei der üblichen Ableitung der Abbildungsformel tatsächlich nachträglich geopfert wird!

5. Die Einschränkung auf den achsennahen Raum.

Die Abbildungsformel will Linsen sehr verschiedener Eigenschaft zusammenfassen, etwa so, wie der Begriff Baum zusammenfaßt, was wir im einzelnen als Eiche, Tanne, Palme usw. unterscheiden. Der erweiterte Umfang des Geltungsbereiches kann nur durch Einbuße am Inhalt der Aussage gewonnen werden. So wird denn schließlich

[1] Vielleicht sogar schon bei Huygens. Vgl. S. Czapski: Theorie der optischen Instrumente, 3. Aufl., S. 32.

von dem ganzen Strahlenbündel, das auf die brechende Fläche fällt, nur noch der winzige Anteil beachtet, der die Spitze der Kaustik bildet. Über alles andere sieht man hinweg.

Die Spitze der Kaustik wird von den Strahlen gezeichnet, die ganz nahe bei der Achse verlaufen. p und s, p' und s' fallen nun so nahe zusammen, daß sie sich nur noch um Beträge kleinerer Ordnung unterscheiden. Durch ihre Gleichsetzung kann die Formel (1) vereinfacht werden. Es wird dann:

$$n\frac{s-r}{s} = n'\frac{s'-r}{s'},$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r},$$

also:
$$n\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right) = n'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s'}\right). \tag{2}$$

Hierdurch ist s' in jedem Fall bestimmt. Man kann auch von Fläche zu Fläche weiterrechnen, wenn eine Folge zentrierter Flächen gegeben ist. Daß die Formel das Verlangte leistet, ist unzweifelhaft. Worauf es aber hier ankommt, das ist, zu untersuchen, was durch die Gleichsetzung von p und s, von p' und s' an den Grundlagen der Ableitung geändert ist.

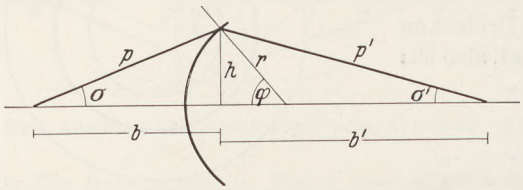

Fig. 6. Ein anderer Weg zur Abbildungsformel.

Der ursprüngliche Ansatz bezog sich auf die Dreiecke CAO und CAO' der Fig. 1. Diese haben wir nun verlassen und sind anscheinend auf die Dreiecke SAO und SAO' übergegangen, welche die Seiten s und s' enthalten. Es wird sich darum handeln, ob und wie man von hier ausgehend zu der Formel gelangen kann; dabei ist aber ein Umweg nötig.

Der neue Ansatz beginnt mit den Dreiecken in Fig. 6, die p, b, h und p', b', h' enthalten (b ist Projektion von p und kann auch als Abstand des Punktes O von der Blendenlochmitte gedeutet werden). Es ist:

$$\frac{h}{b} = \operatorname{tg}\cdot\sigma, \quad \frac{h}{b'} = \operatorname{tg}\cdot\sigma', \quad \frac{h}{r} = \sin\varphi,$$

(Brechungsgesetz) $$n\sin(\varphi-\sigma) = n'\sin(\varphi'-\sigma').$$

Für abnehmendes σ streben diese Ausdrücke zu den Grenzwerten:

$$\frac{h}{s} = \sigma, \qquad \frac{h}{s'} = \sigma', \qquad \frac{h}{r} = \varphi,$$

$$n(\varphi-\sigma) = n'(\varphi-\sigma')$$

und der Fußpunkt von h rückt zum Scheitel S.

Rechnet man weiter mit diesen Grenzwerten, so ist:

$$n\left(\frac{h}{r} - \frac{h}{s}\right) = n'\left(\frac{h}{r} - \frac{h}{s'}\right)$$

$$n\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right) = n'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s'}\right). \tag{3}$$

Das ist dieselbe Formel wie (2).

Dieser Weg hat also auch zum Ziele geführt und er läßt besser als der erste erkennen, welches die entscheidenden Schritte sind. Alle Funktionen, die sich im Ansatz finden, sind beim Grenzübergang durch lineare Funktionen ersetzt worden; anders gesagt, es ist nur das erste Glied einer Reihenentwicklung übrig geblieben. Das gilt auch vom Brechungsgesetz, was in der Ableitung von (2) verborgen bleibt. Die Gewinnung der Schlußformel beruht also nicht auf der Einführung, sondern geradezu auf der Ausmerzung des Brechungsgesetzes. Die Schlußformel ist nicht mit Werten errechnet, die irgend ein optischer Strahlengang wirklich liefert, sondern mit den Grenzwerten, die außenliegende Nachbarn des Gebietes optischer Wirklichkeit sind. Die Formeln sind zwar in dem engen Raum nahe der Achse für optische Rechnung anwendbar, sie stammen aber anderswoher und sind uns über die Grenze hinweg zugereicht worden.

6. Anschauliche Ableitung aus linearen Beziehungen.

Mit der Ausmerzung des Brechungsgesetzes haben wir den Boden optischer Wirklichkeit zweifellos verlassen. Wir werden nun auf anderem Boden nach den Wurzeln der Formel (2) zu suchen haben. Da bei den bisher betrachteten Ableitungen nur lineare Beziehungen übrig geblieben waren, sei versucht, von solchen auszugehen.

Der neue Ansatz sei:

1. Jeder Geraden im Dingraum entspricht eine Gerade im Bildraum (Geradheit der Strahlen).

2. Allen Geraden, die im Dingraum durch einen Punkt gehen, entsprechen Gerade, die im Bildraum durch einen Punkt gehen (Bündelverwandtschaft, „scharfe Abbildung").

Wir wollen nicht die allgemeinste Form der etwa möglichen Abbildung[1] untersuchen, sondern beschränken uns auf das, was der Folge zentrierter Kugelflächen in der Optik entspricht, und setzen deshalb einschränkend:

3. Die Abbildung ist symmetrisch rund um eine Achse, die für Dingraum und Bildraum gemeinsam ist.

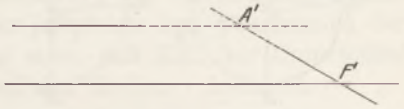

Fig. 7. Ein Paar einander zugeordneter Geraden.

Aus 2. folgt, daß allen Punkten, die im Dingraum auf einer Geraden liegen, im Bildraum Punkte auf einer Geraden entsprechen. Denn läge einer der Bildpunkte außerhalb dieser Geraden, so würde sie im Bündel dieses Punktes fehlen, was 2. nicht zuläßt.

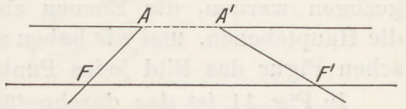

Fig. 8. Zwei Paare einander zugeordneter Geraden.

Nach Fig. 7 wird einer Geraden, die im Dingraum der Achse parallel läuft, eine Gerade im Bildraum zugeordnet. Sie muß die Achse irgendwo schneiden. Ginge sie an der Achse vorbei, so müßte der Symmetrie wegen, die in 3. gefordert ist, noch eine zweite Gerade auf der anderen Seite der Achse als Bild der Geraden im Dingraum gelten. Das widerspricht aber der Annahme 1. Die Bildgerade sei $A'F'$, sie schneidet in A' die (verlängerte) Dinggerade.

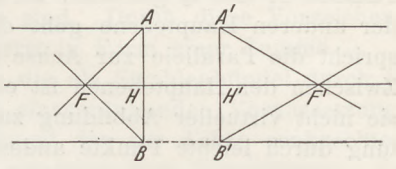

Fig. 9. Auffinden der Hauptpunkte.

In derselben Weise ordnen wir nach Fig. 8 einer der Achse parallelen Geraden im Bildraum eine die Achse schneidende Gerade im Dingraum zu. Wir wählen die Parallele in demselben Abstand von der Achse, wie die in Fig. 7 (die auch in Fig. 8 eingezeichnet ist), was die letzte der drei freistehenden Annahmen darstellt. Mit diesen drei besonderen Festsetzungen und den drei allgemeinen Voraussetzungen ist die ganze Abbildung der beiden Räume ineinander vollständig bestimmt, wie nun zu zeigen ist.

In Fig. 8 liegt

A auf $\overline{FA}$ und auf $\overline{\infty A}$,

A' auf $\overline{A'\infty'}$ und auf $\overline{A'F'}$,

$\overline{A'\infty'}$ ist $\overline{FA}$ zugeordnet, $\overline{A'F'}$ ist $\overline{\infty A}$ zugeordnet,

also ist A' das Bild von A.

Nach Voraussetzung 3. liegen im gleichen Abstand auf der anderen Seite der Achse entsprechende Linien durch B und B' und es ergibt sich in gleicher Weise, daß B' das Bild von B in Fig. 9 ist. Ferner liegt

H auf $\overline{AB}$ und auf der Achse,

H' auf $\overline{A'B'}$ und auf der Achse.

$\overline{A'B'}$ ist $\overline{AB}$ zugeordnet, die Achse ist sich selber zugeordnet.

Also ist H' das Bild von H.

Nach Annahme 3. ist die Abbildung rund um die Achse symmetrisch. Man kann sich also Fig. 9 um die Achse gedreht denken und durch H und H' Querschnitte

[1] Für den allgemeinen Fall s. S. Czapski: Optische Instrumente, 3. Aufl., S. 33—72.

senkrecht zur Achse legen. Diese sind, beide in der Richtung $F'F$ gesehen, in Fig. 10 dargestellt. Es sind zwei gleich große Kreise, in denen A', H' und B' nach Fig. 9 Bilder von A, H und B sind. Aus der Drehung der Fig. 9 um die Achse folgt aber, daß auch die unter gleichen Winkeln liegenden Punkte A_1 und A_1' bis A_4 und A_4' als gegenseitige Bilder zu einander gehören. Dann ist aber auch der Punkt Q' Bild von Q, denn er liegt auf den Geraden $A_1'A_2'$ und $A_3'A_4'$, die Bilder der Geraden A_1A_2 und A_3A_4 sind. Die beiden Zeichnungen in Fig. 10 sind kongruent. Der Schluß, der für Q und Q' gezogen ist, kann für jedes Punktpaar der beiden Ebenen

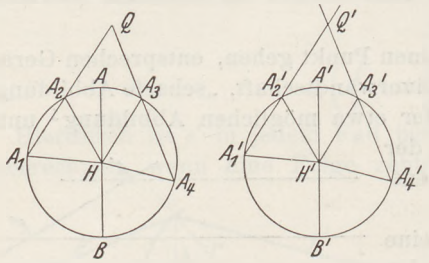

Fig. 10. Abbildung der Hauptebenen aufeinander.

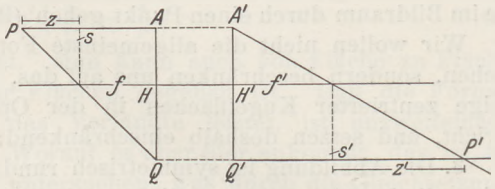

Fig. 11. Die Listingsche Zeichnung.

gezogen werden, die Ebenen sind kongruent aufeinander abgebildet. Dieses sind die Hauptebenen, und wir haben nun alle Hilfsmittel beisammen, um mit der Listingschen Figur das Bild jedes Punktes im Raum zu finden.

In Fig. 11 ist das durchgeführt. Von einem beliebigen Punkt P sind die Parallele zur Achse und die Gerade durch F' gezogen, beide bis zur Hauptebene, die in den Punkten A und Q getroffen wird. Von den kongruent liegenden Punkten A' und Q' der anderen Hauptebene geht die Zeichnung weiter. PA entspricht $A'F'$, PQ entspricht die Parallele zur Achse durch Q'; der Schnittpunkt P' ist das Bild von P. Zwischen den Hauptebenen ist eine Kluft, zwischen ihnen soll man die Linien (soweit sie nicht virtueller Abbildung zugehören) gar nicht ziehen oder allenfalls ihre Richtung durch leichte Punkte andeuten.

Aus den ähnlichen Dreiecken in Fig. 11 kann man ablesen

$$-z : -f = AH : HQ = A'H' : H'Q' = f' : z';$$

$$zz' = ff'. \tag{4}$$

Diese Formel sieht zwar anders aus wie Formel (2), sagt aber dasselbe aus, wie folgende Umformung zeigt:

(2) (s und s' endlich) $$n\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right) = n'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s'}\right)$$

(2a) (s' unendlich) $$n\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{f}\right) = n'\left(\frac{1}{r} - 0\right) \tag{2}$$

(2b) (s unendlich) $$n\left(\frac{1}{r} - 0\right) = n'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{f'}\right)$$

(2a) — (2b) geben: $$-\frac{n}{f} = \frac{n'}{f'}$$ (Brechkraft)

(2) — (2b) geben: $$-\frac{n}{s} = -\frac{n'}{s'} + \frac{n'}{f'}$$

oder: $$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n'}{f'} \quad \left(= -\frac{n}{f}\right)$$

$$\frac{f'}{s'} - \frac{n}{n'}\frac{f'}{s} = 1,$$

$$\frac{f'}{s'} + \frac{f}{s} = 1;$$

schreibt man dafür $$f's + fs' = ss'$$

und setzt $s' = f' + z'$ und $s = f + z$, so folgt:

$$zz' = ff'. \tag{4}$$

Das Verhältnis der drei Ableitungen zueinander. Die letzte Ableitung, die zu Formel 4 führt, ist von vornherein allgemeiner gehalten als die beiden anderen. Sie bezieht sich auf beliebig dicke und beliebig zusammengesetzte Abbildungsmittel (Linsenfolgen entsprechend), die beiden anderen nur auf eine Trennfläche von Räumen verschiedener Lichtgeschwindigkeit. Um vergleichen zu können, beziehen wir die dritte Ableitung jetzt auf eine gemeinsame Anfangsebene der Zählung für Dingraum und Bildraum. In sie rücken die beiden Hauptebenen hinein (Fig. 12).

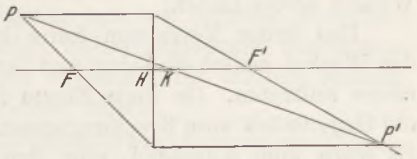

Fig. 12. Der Knotenpunkt im einfachsten Fall.

Die Gerade, welche P und P' unmittelbar verbindet, schneidet die Achse im Punkt K, dem Knotenpunkt. Er liegt vom Bildraum-Brennpunkt F' um die Dingraum-Brennweite f, vom Dingraum-Brennpunkt F um die Bildraum-Brennweite f' entfernt. Sein Abstand HK vom Hauptpunkt ist gleich dem Unterschied der Brennweiten. Aus den Formeln 2a und 2b erkennt man, daß HK, der Unterschied der Brennweiten, in den beiden anderen Ableitungen den Radius r bedeutet.

Es ist nämlich

(2a) $$n\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{f}\right)=n'\frac{1}{r} \qquad \text{oder} \quad \frac{f-r}{f}=\frac{n'}{n},$$

(2b) $$n\frac{1}{r}=n'\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{f'}\right) \qquad \text{oder} \quad \frac{f'}{f'-r}=\frac{n'}{n},$$

also $$(f-r)(f'-r)=ff',$$

$$r=f+f'=f'-(-f).$$

Die letzte Umformung ist nötig, um der Vereinbarung gerecht zu werden, daß alle Strecken von der brechenden Fläche zu zählen sind. Durch diese Vorzeichenwahl erscheint der Unterschied der Brennweiten zuerst in Form einer Summe.

Die dritte Ableitung enthält nur gerade Linien, die als Strahlenbündel durch je einen Punkt zusammengefaßt werden. Infolge der einschränkenden Voraussetzung, daß alles um die Achse herum symmetrisch sei, kommt den zur Achse senkrechten Ebenen eine besondere Bedeutung zu, unter ihnen vor allem den Hauptebenen. Zu diesen allgemeinen Bestimmungen über die Abbildungsweise kommen durch Festlegung zweier aufeinander abgebildeter Strahlenpaare die 3 Bestimmungsstücke des besonderen Abbildungsfalles, nämlich der im einfachsten Fall verschwindende Abstand der Hauptebenen voneinander und die beiden Brennweiten.

An diesen Ansätzen wird im Lauf der Ableitung nichts geändert, es wird weder etwas hinzugefügt, noch etwas davon wieder weggenommen.

Die erste Ableitung ging von den Eigenschaften des Lichtstrahles aus und zwar in der bereits vereinfachten Form: Gerade Strahlen, Brechungsgesetz. Dazu kam eine Kugelkalotte, die Gebiete verschiedener Lichtgeschwindigkeit von einander trennt. Die Zusammenfassung achsensymmetrischer Kegelbüschel zu einer Abbildungsformel war nur in einem Sonderfall möglich. Der Ansatz enthielt also zu viel und mußte nachträglich eingeschränkt werden. Im Grunde genommen wich man der Schwierigkeit aus, indem man den Geltungsbereich auf den Grenzfall des achsennahen Raumes einschränkte. Die Winkel werden nun alle sehr klein. Was durch die Gleichsetzung der Sinus mit den Winkeln aus der Kugelfläche und dem Brechungsgesetz wird, bleibt undurchsichtig. Nur dem Scheine nach wird das Brechungsgesetz aufrecht erhalten.

Die zweite Ableitung merzt von vornherein die Kugelfläche aus, denn h liegt nicht in der Kugelfläche, sondern in der eine Kalotte abschneidenden Ebene. Der Vorteil ist, daß statt der Sinus die Tangens auftreten, aber er wird dadurch verkümmert, daß diese Ebene beweglich ist und erst in dem Augenblick in den Kugelscheitel rückt, in dem der Tangens seinen Unterschied vom Winkel eingebüßt hat. Der Ansatz ist der Optik fremd, das Brechungsgesetz tritt als ein sachlich nicht

begründeter Nothelfer auf und wird erst in verkümmerter Form verwendbar. Das ganze Verfahren ist nur als ein rechnerisches Kunststückchen zu bewerten und steht zur Sache bestenfalls in dem äußerlichen Verhältnis, das ein Baugerüst zu dem Hause hat, welches mit seiner Hilfe errichtet wird. Daß es überhaupt zum Ziele führt, beruht darauf, daß Sinus und Tangens denselben Grenzwert, nämlich den sehr kleinen Winkel selbst haben.

Das dritte Verfahren kann in der Form dargestellt werden, daß die Tangens der Winkel zwischen Achse und Strahl vom Ding-(Bild-)punkt zum Punkt in der Hauptebene auftreten. Da diese Ebene festliegt, ist keine weitere Rechenhilfe nötig. Irgend ein Gegenstück zum Brechungsgesetz ist demgemäß in der Kollineation nicht vorhanden. Es wäre eine Künstelei, eine ihm entsprechende überflüssige Beziehung aufzustellen, die ja nichts Selbständiges enthalten dürfte, weil sie sonst mit der schon völlig bestimmten Abbildung im Widerspruch wäre.

Ableitung 2 verknüpft Bestandteile verschiedener Herkunft, die nachträglich auf gemeinsame Reste abgebaut werden können. Befriedigender ist die Art, wie Reusch den gemeinsamen Grenzfall von Optik und Kollineation darstellt, indem er durch Überhöhung der Zeichnung quer zur Achse die Kugelfläche zur Tangentialebene streckt[1].

Das Brechungsgesetz ist eine Folgerung aus der Wellenvorstellung, an seiner Stelle kann man auch die Wellenvorstellung unmittelbar (Huygens) oder das Prinzip des ausgezeichneten Lichtweges (Fermat) in den Ansatz nehmen. Aber immer führt der Weg zur Formel (2) über eine Grenze, an der auch diese Ansätze haltmachen müssen und über die sie nur einen linearen Rest als Schatten werfen können.

Wer nicht zugeben will, daß die Vereinfachung, die zu Formel 2 geführt hat, eine Ausmerzung des Brechungsgesetzes bedeutet, der wende dasselbe Verfahren auf den wackelnden Tisch an. Das sieht dann so aus: Der Tisch behält vier Beine, sie werden aber ganz nahe aneinander gerückt; je mehr dies geschieht, um so besser passen sie sich jeder beliebigen Unebenheit des Fußbodens an. Der Unbefangene wird den Tisch dann freilich nicht mehr für vierbeinig halten; aber, was schadet das?

Kollineation und Optik.

Zieht man die Fig. 12 wieder zu Fig. 11 auseinander, so spaltet sich außer der Hauptebene auch der Knotenpunkt, und K' liegt von H' ebensoweit entfernt, wie K von H. Die auf K zielenden Strahlen gehen durch K' unter genau den gleichen Winkeln gegen die Achse. Sie springen dabei von der einen zur anderen Hauptebene an kongruent liegenden Punkten. Die Knotenpunkte sind also die Zentren einer perspektivischen Projektion[2].

Die durch die Knotenpunkte bestimmten Bündel liefern, wenn man im Bildraum irgendwo eine Ebene senkrecht zur Achse aufstellt, auf ihr eine Abbildung des Dingraumes auf eine Bildebene, wie wir sie in der Malerei benutzen und in der Lochkamera optisch hervorbringen. Diese Abbildung ist unvollständiger als die in der Listingschen Figur durch die Bündel von F und F' bewirkte des Dingraumes auf den Bildraum. Der Grund für diese Minderung ist: K und K' sind konjugierte Punkte, F und F' aber nicht. Der Ersatz einer Raumabbildung durch zwei Flächenabbildungen in der Stereoskopie sei hier nur erwähnt.

Wie die Ableitungen zeigten, liefert die Kollineation auf der Achse genau das, was auf ihr auch durch jede irgendwie optisch bewirkte Abbildung hervorgebracht wird. Mit Strahlen, die sich um gegebene Winkel von der Achse entfernen, kann

[1] Vgl. Linsenoptik in der Schule, S. 87.

[2] Es soll hier nur ausgedrückt werden, in wie weit das eine Bündel durch die zu einander konjugierten Knotenpunkte die geometrische Abbildung der Kollineation darstellt (die durch zwei Bündel eindeutig bestimmt ist). Etwas davon völlig Verschiedenes ist die optische Abbildung einer Ebene im Dingraum auf eine Ebene im Bildraum mit einer verzeichnungsfreien Linsenfolge, bei der die Projektionszentren in den Mitten der Eintrittspupille und der Austrittspupille liegen.

aber ein Achsenpunkt P auf einen gegebenen Achsenpunkt P' optisch in sehr vielerlei Weise abgebildet werden trotz festliegender Abbildung für die Achsenstrahlen. In der Kollineation dagegen gibt es dann nur eine Möglichkeit. Das liegt daran, daß die Optik Kugelflächen beliebiger Krümmung[1] zur Verfügung hat, die Kollineation aber nur die zur Achse senkrechte Ebene.

Die große Auswahl, welche die Optik zur Verfügung hat, um Strahlen außerhalb der Achse zu führen, läßt sich nicht in einer einfachen Abbildungsformel zusammenfassen. Dennoch reicht der Nutzen der im einfachen Grenzfall des dünnen Achsenraumes gültigen Kollineationsformel auch in jenes Gebiet hinein.

L. Seidel hat in der Mitte des vorigen Jahrhunderts Näherungsformeln zur Vorausberechnung von Linsenfolgen abgeleitet, die darauf beruhen, daß von der Reihenentwicklung der trigonometrischen Funktion nicht nur das erste, sondern auch das nächste Glied benutzt wird. Bei der optischen Abbildung treten die Sinus, bei der Kollineation die Tangens auf. Die Reihenentwicklungen dieser beiden Funktionen enthalten dieselben Potenzen, nämlich die ungeraden. Dadurch ist es möglich, die in den sehr langen Formeln auftretenden Terme großenteils in den leicht erhältlichen Daten der Abbildung im achsennahen Raum auszudrücken.

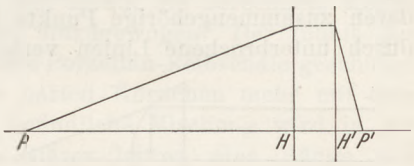

Fig. 13. Eine optisch unbrauchbare Abbildung.

Die große Auswahl, welche die Optik zur Verfügung hat, um die Lichtstrahlen außerhalb der Achse zu führen, ermöglicht die „Korrektion“ der optischen Linsen. Das heißt, durch eine Folge passend ausgewählter Grenzflächen und durchsichtiger Stoffe kann die Abbildung des Raumes auf eine Ebene gegenüber der Abbildung durch eine Einzellinse sehr verbessert werden. Die „Korrektion“ zielt aber nicht etwa auf ein Nachbilden der kollinearen Abbildung ab, sondern geht ganz andere Wege. Am meisten verbreitet ist der Irrtum, daß es auf eine Nachbildung der Hauptebenen ankomme. Das würde Fig. 13 entsprechen. Auf dem Achsenstrahl würde die Nachbarschaft des Punktes P in P' $^1/_7$ verkleinert werden, auf dem schräg gezeichneten Strahl im Verhältnis $^1/_{2,6}$, auf noch weiter abweichenden noch weniger. Optisch ist nämlich für die Größe der Abbildung die Länge der Strahlen bis zum Knick maßgebend, kollinear aber die Länge der Projektion der Strahlen auf die Achse. Eine optische Abbildung nach Fig. 13 würde ganz verwaschene und unbrauchbare Bilder liefern.

Wenn wir die Listingsche Figur benutzen, um das Bild eines nicht auf der Achse liegenden Punktes und das Größenverhältnis von Ding und Bild zu finden, so machen wir von den beiden entgegengesetzten Eigenschaften Gebrauch, daß die Kollineation als geometrisches Abbildungsverfahren räumlich unbegrenzte Geltung hat, und daß sie in der Nähe der Achse zugleich den Grenzwert jeder optisch möglichen Abbildung darstellt.

Auf keinen Fall aber darf die Listingsche Figur als eine Wiedergabe von Lichtstrahlen in endlichem Abstand von der Achse gedeutet werden. Es ist deshalb auch gänzlich verkehrt, Hauptebenen in wirklichen Linsen oder Linsenfolgen zu suchen. Die beiden Hauptebenen der Kollineation legen zusammen mit den beiden Brennpunkten das Bild jedes Dingpunktes fest. Es ist nicht möglich, für eine Linsenfolge ein Flächenpaar von so weitgehender Bedeutung anzugeben. Für konjugierte Punkte auf der Achse kann man jeden abgehenden und ankommenden Strahl ohne Rücksicht auf die brechenden Flächen verlängern, bis einander zugeordnete Strahlen sich schneiden. Diese Schnittpunkte stellen eine Ersatzfläche dar zugleich für die Linsenfolge und die Abbildung dieses Punktpaares, aber nicht allgemein für eines von beiden. Wenn man wünscht, daß ihre Umgebung von allen Strahlen in gleicher Größe gezeichnet werde, soll die Spur dieser Ersatzfläche ein Apollonischer Kreis für die beiden Punkte sein. Irgend

[1] Die noch weiter gehenden Möglichkeiten kommen hier nicht in Betracht.

ein Brechungsgesetz an der Ersatzfläche läßt sich aber nicht definieren, man kann, um dies anzudeuten, sie als Knickfläche bezeichnen. Man kann auch an Stelle der einen Knickfläche viele Knickflächenpaare zeichnen. Für Abbildung eines Achsenpunktes liegen dann zusammengehörige Punkte der beiden Knickflächen in gleichem Abstand von der Achse. Eines dieser Flächenpaare geht zwar durch die beiden Hauptpunkte, es erhält aber dadurch keine Bedeutung, die mit der der Hauptebenen vergleichbar ist[1]. Zur Veranschaulichung diene Fig. 14. Um M geht der Apollonische Kreis, der PP' im Verhältnis 3 : 1 teilt. *1*, *2*, *3* sind Kreise um P und P', deren zusammengehörige Punkte für das bis zum Schnitt gezeichnete Strahlenpaar durch unterbrochene Linien verbunden sind. Die Kreise *2* gehen durch die Hauptpunkte, und die Kreise *1* schneiden sich auf dem Apollonischen Kreis.

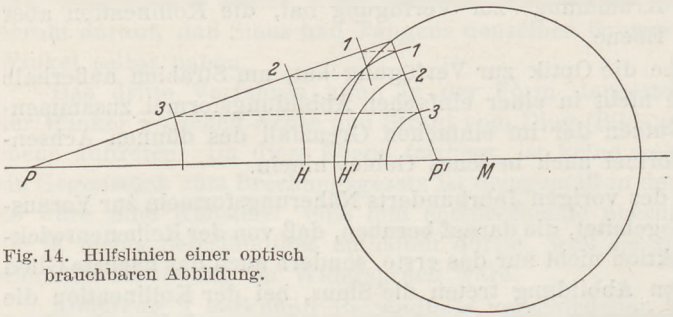

Fig. 14. Hilfslinien einer optisch brauchbaren Abbildung.

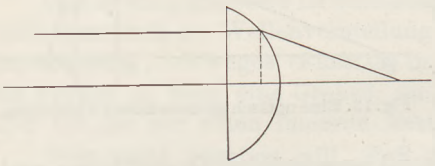

Fig. 15. Die angebliche Auffindung eines Hauptpunktes.

Ganz verfehlt ist demnach auch die in viele Physikbücher übergegangene Anleitung zum Auffinden der Hauptpunkte. Das erkennt man am leichtesten aus ihrer Anwendung auf die Plankonvexlinse (Fig. 15). Die Anweisung heißt, man ziehe einen einfallenden Strahl parallel zur Achse und den zugehörigen austretenden Strahl, verlängere beide bis zum Schnitt und fälle das Lot auf die Achse. In dem gezeichneten Fall, der deshalb so übersichtlich ist, weil nur an der zweiten Fläche Brechung stattfindet, führt diese Anleitung immer auf einen Punkt innerhalb der Linse, während der Hauptpunkt tatsächlich im Linsenscheitel liegt.

Reines Kupfer(1)-oxyd für die Ableitung des Gesetzes der multiplen Proportionen.

Von **R. Scharf** in Berlin.

Der Ausgangspunkt für die exakte Behandlung der Atomtheorie ist das Gesetz der multiplen Proportionen. Vom methodischen Standpunkt gesehen eignet sich zur Ableitung dieses Gesetzes am besten die Reduktion von Kupfer(1)-oxyd und von Kupfer(2)-oxyd. Wer es je versucht hat, Kupfer(1)-oxyd quantitativ zu reduzieren, wird wissen, daß dieser Versuch seine Tücken hat. Das liegt daran, daß reines Kupfer(1)-oxyd im Chemikalienhandel einfach nicht zu haben ist. Ich habe Präparate verschiedenster Herkunft auf ihre Zusammensetzung untersucht, und ich habe bei keinem von ihnen ein einigermaßen zufriedenstellendes Verhältnis vom Kupfer- zum Sauerstoffgehalt gefunden. Außerdem waren fast alle untersuchten Handelswaren chloridhaltig, was, abgesehen von der Verschlechterung der gewichtsmäßigen Zusammensetzung, den weiteren Nachteil hatte, daß sich bei der Reduktion mit Wasserstoff ein Kupferspiegel im Schiffchen und sogar außerhalb desselben bildete. Um diese Nachteile zu vermeiden, wurden von anderen Autoren[2] Verfahren angegeben, die aus dem im Handel befindlichen Kupfer(1)-oxyd ein reineres Produkt herstellen. Diese Verfahren sind jedoch umständlich und führen auch zu keinem vollen Erfolg. Ich habe daher folgenden Weg für die Herstellung von reinem Kupfer(1)-oxyd eingeschlagen.

[1] Nur für die Sagittalstrahlen ist dieses Flächenpaar vor anderen ausgezeichnet.

[2] Arendt-Doermer: Technik der Experimental-Chemie, 5. Aufl., S. 335/336 u. S. 346.

Kupfer(2)-oxyd und metallisches Kupfer werden in einer Mischung äquivalenter Mengen unter Luftabschluß geglüht. Als Kupfer(2)-oxyd verwandte ich „Kupferoxyd-Pulver zur Elementaranalyse" von Kahlbaum, das unter den nötigen Vorsichtsmaßregeln (s. Arendt-Doermer, 5. Aufl., S. 334) getrocknet wurde; ein Ausglühen des Oxyds führt bekanntlich zu einer geringen Sauerstoffabgabe. Das metallische Kupfer stellte ich mir selbst her durch Reduktion von Kupfer(2)-oxyd mit trockenem Wasserstoff bei möglichst niedriger Temperatur. Die Handelsprodukte, auch die Sorte „extrafein" von Kahlbaum, genügten nicht in Bezug auf ihre Feinheit. Das kommt sicherlich daher, daß die Hersteller des reduzierten Kupfers aus Gründen der Billigkeit von größeren Mengen Kupferoxyd ausgehen müssen, die sich dann durch die Reaktionswärme so weit erhitzen, daß die feinsten Kupferteilchen zusammensintern. Selbstverständlich lassen sich auch die bei der Ableitung des Gesetzes der multiplen Proportionen erhaltenen Rückstände reduzierten Kupfers verwenden.

In einem nicht zu kleinen Wägegläschen wird zunächst eine Kupfermenge von 6 bis 8 Gramm auf Zentigramme genau abgewogen und darauf die berechnete Menge Kupfer(2)-oxyd (das 1,2517fache der Kupfermenge) hinzugewogen. Der Inhalt des Wägegläschens wird in eine saubere und ganz trockene Porzellan-Reibschale geschüttet und gründlich vermischt und zerrieben, bis keine harten Körnchen mehr mit dem Pistill wahrzunehmen sind. Die in der Reibschale befindliche Mischung wird in ein Reagenzglas aus Supremaxglas eingefüllt; meine Gläser hatten eine Länge von 160 mm, 17 mm Innendurchmesser und die Wandstärke 2 mm. Die Kupfer-Kupferoxyd-Mischung wird in den unteren Teil des Reagenzglases geschüttet; an den Wänden haftende Pulverteilchen werden durch Auswischen mit einem trockenen Lappen entfernt. Das Reagenzglas wird mit einem einfach durchbohrten Gummistopfen, in dem ein kurzes, beiderseits offenes Glasröhrchen steckt, verschlossen. Auf dieses Glasröhrchen wird ein kurzes Schlauchstück aufgesetzt, das an dem einen Ende durch ein Stückchen Glasstab verschlossen ist und an der Seite einen in Richtung der Längsachse verlaufenden, 1 cm langen Einschnitt mit einem scharfen Taschenmesser erhalten hat (Bunsenventil). Die beim Erhitzen sich ausdehnende Luft und der unter Umständen sich bildende Wasserdampf [wenn das Kupfer(2)-oxyd vorher nicht sorgfältig getrocknet wurde!] können mit Hilfe dieser Vorrichtung wohl aus dem Glase entweichen, jedoch kann keine Luft von außen her an das sich bildende Kupfer(1)-oxyd heran.

Das mit dem Ventil verschlossene Reagenzglas wird waagerecht oder mit geringer Neigung (das offene Ende tiefer als das geschlossene!) nahe am Stopfen in ein Stativ gespannt. Nach vorsichtigem Anwärmen mit leuchtender Flamme wird die Masse etwa 15 Minuten mit einem Teklu- oder ähnlichen Brenner kräftig erhitzt, wobei das Reagenzglas einige Male um 90° um seine Achse gedreht wird, damit alle Teile des Pulvers gut durchglühen können. Die zunächst bräunlich gefärbte Masse wird dabei allmählich schwarz. Sollten sich doch noch einige Wassertropfen an dem Halse des Reagenzglases niederschlagen, so sind diese mit der leuchtenden Flamme eines zweiten Brenners möglichst zum Verdampfen zu bringen.

Nach einer Viertelstunde wird der Brenner entfernt und das Reagenzglas bis zur vollständigen Abkühlung sich selbst überlassen. Dabei verändert sich die Farbe des erhaltenen Kupfer(1)-oxyds ganz auffällig zu dem bekannten Ziegelrot. Um das gebildete Kupfer(1)-oxyd aus dem Glase zu entfernen, muß dieses mitunter zerschlagen werden, besonders wenn das Pulver vor dem Glühen gar zu fest eingestampft worden ist.

Die rote, bröcklige Masse wird dann noch in einer Reibschale zerrieben und zur Vorsicht in kleine Reagenzgläschen portionsweise, wie man sie gerade für einen Versuch benötigt, eingeschmelzt. Es ist vorteilhaft, damit gleich eine Wägung der eingeschmelzten Mengen zu verbinden, um in der Unterrichtsstunde schon einen Anhalt für das zu ermittelnde Gewicht des Kupfer(1)-oxyds zu haben.

Daß jetzt wirklich Kupfer(1)-oxyd vorliegt und nicht etwa ein zusammengesintertes Gemisch von Kupfer und Kupfer(2)-oxyd, erkennt man daran, daß das Reaktionsprodukt nahezu restlos in Salzsäure löslich ist und die Lösung alle Eigenschaften des Kupfer(1)-chlorids zeigt.

Die weitere Ausführung des Versuches dürfte bekannt sein: Über zwei Schiffchen, das eine mit Kupfer(1)-oxyd, das andere mit Kupfer(2)-oxyd gefüllt, wird gleichzeitig bei höherer Temperatur Wasserstoff geleitet. Aus den Gewichtsabnahmen der Schiffchen ergeben sich die Sauerstoffmengen. Bezogen auf die gleiche Kupfermenge verhalten sich die beiden Sauerstoffzahlen wie 1 : 2. Wird der Versuch als Demonstrationsversuch ausgeführt, so kann man zweckmäßig auch elektrische Heizung verwenden, wie sie in anderem Zusammenhange in einer Arbeit von H. PETZOLD und R. SCHARF[1] beschrieben wurde. Der Ofen für diesen Versuch würde am besten mit Chromnickelband (ich benutzte Band 1,25 mm × 0,1 mm) gewickelt werden; Haltestreifen aus Asbest sind überflüssig, da der Ofen in horizontaler Lage gebraucht wird. Eine Bezugsquelle für Chromnickel-Draht und -Band ist: Edelstahlwerke Söding & Halbach, Hamm in Westfalen.

Vier verschiedene Proben selbst hergestellten Kupfer(1)-oxyds hatten einen Sauerstoffgehalt von 12,44 g, 12,49 g, 12,56 g, 12,56 g, berechnet auf 100 g Kupfer; das entspricht Fehlern von 1,1 bis 0,2 Prozent. Mit dem zuletzt hergestellten und besten Kupfer(1)-oxyd und mit Kupfer(2)-oxyd zur Elementaranalyse als Ausgangsprodukten ergaben sich Sauerstoffzahlen, die sich wie 1 : 2,003 verhielten.

Kleine Mitteilungen.

Doppler-Effekt erster Art.

Von **R. Jockel** in Berlin-Grunewald.

Wenn auch der akustische Doppler-Effekt erster Art von vielen Schülern bei vorbeifahrender pfeifender Lokomotive oder hupendem Auto beobachtet worden ist, so ist es doch wünschenswert, diese Erscheinung an einem entsprechenden Versuch im Unterricht nochmals genau wahrnehmen zu lassen. Als Tonquelle kann man eine gewöhnliche Sportpfeife verwenden, deren Mundstück durch ein kleines Schlauchstück mit einem Gummi-Kinderluftballon verbunden wird. Nachdem durch die Pfeifenöffnung der Ballon mit Luft gefüllt ist, ertönt die Pfeife in einem bestimmten Ton. Um nun die tönende Pfeife gefahrlos und bequem durch die Klasse werfen zu können, befestigt man die „pfeifende Lokomotive“ längs des Durchmessers eines Gummi-Tennisringes. Schüler, die in der Nähe der Abwurfstelle stehen, vernehmen ein Tieferwerden des Tones; Schüler, die längs der Flugbahn Aufstellung genommen haben, beobachten erst ein Höherwerden, nach dem Vorbeiflug ein Tieferwerden, und diejenigen, die sich an der Rückwand des Physikzimmers befinden, der Auftreffstelle der bewegten Pfeife, hören nur ein Höherwerden des Tones. Durch verschiedene Wurfgeschwindigkeiten kann man die Abhängigkeit der Änderung der beobachteten Tonhöhe von der Geschwindigkeit der bewegten Tonquelle zeigen.

Zur Erklärung des Doppler-Effektes und insbesondere zu seiner quantitativen Erfassung kann man wie bei vielen akustischen Erscheinungen einen entsprechenden Versuch mit Wasserwellen heranziehen. In einem Becken von etwa 90 × 60 cm Größe, das ungefähr 1 cm hoch mit Wasser gefüllt ist, wirken die regelmäßigen Tropfen aus einem Tropftrichter als Wellenerreger. (Als Becken kann man auch einen ausgehobenen Fensterflügel verwenden, muß aber darauf achten, daß die Scheiben noch gut gekittet sind.) Der Tropftrichter ist an einem Stativ befestigt,

[1] H. PETZOLD und R. SCHARF: Ein Apparat zur Ermittlung des Volumverhältnisses bei der Synthese des Wasserdampfes. Diese Zeitschr. 45, 97 (1932).

das längs der längeren Seite des Beckens verschiebbar ist. Bei feststehendem Tropftrichter beobachtet man konzentrische Wellenringe von bestimmter Wellenlänge. Bewegt man nun den Wellenerreger, so sind die erregten Wasserwellen nicht mehr konzentrisch. Da aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenbewegung im Wasser dieselbe bleibt, beobachtet man in Richtung der Bewegung des Tropftrichters eine kleinere Wellenlänge als in der entgegengesetzten Richtung. In der Bewegungsrichtung werden die Wellenringe zusammengedrängt, rückwärts auseinander gezogen. Es bleibt aber die Kreisform des einzelnen Wellenringes erhalten und nicht, wie man in einigen Physiklehrbüchern in schematichen Zeichnungen des Doppler-Effektes dargestellt sieht, zu einer eiförmigen Gestalt zusammengedrückt. Der Versuch zeigt somit, daß die Änderung der Tonhöhe beim Doppler-Effekt erster Art bedingt ist durch die Änderung der Wellenlänge des von der bewegten tönenden Pfeife erzeugten Wellenfeldes. Die Versuchsanordnung gestattet, durch verschieden schnelle Bewegung des Tropftrichters auch den Einfluß der Bewegungsgeschwindigkeit des Wellenzentrums auf die Änderung der Wellenlänge zu zeigen. Bei kleineren Wasserbecken kann man die Störungen, die durch Reflexion an den Wänden auftreten, durch Verkleiden des Randes mit einem Tuch beseitigen.

Sichtbare Folgen der Verdunstung einer niedrig siedenden Flüssigkeit.

Von Dr. **Hermann Lorenz** in Bonn.

Um die Verdunstung einer — meist wasserklaren — Flüssigkeit beobachten zu können, fehlt es gewöhnlich an deutlich erkennbaren Teilchen, die die Bewegung der Flüssigkeit mitmachen und damit sichtbar werden lassen. Aluminiumpulver ist für diesen Zweck sehr geeignet. Das stellte der Verfasser zufällig fest, als er Metallfix[1] Aceton zusetzte und ein starkes Brodeln in der Lösung sah. Man kann so auf einfache Weise den Vorgang der Verdunstung augenfällig zeigen.

Man trägt z. B. einige Tropfen Metallfix auf den umgekehrten Deckel eines kleinen Porzellantiegels auf und rührt es mit reichlich Aceton (Sdp. 56,7° C) zu einer leicht beweglichen Masse an, wobei das Aluminiumpulver aufgeschlemmt wird. Wenn man dann das Ganze sich selbst überläßt, so wird ein heftiges Brodeln beobachtet. Die Oberfläche der Mischung ist spiegelblank. Unter ihr bilden sich kleine „Krater“ in lebhafter Tätigkeit, die voneinander durch Anhäufungen von Aluminiumstaub getrennt sind. Es gelingt nach einigem Herumprobieren, ein stationäres Bild während einiger Sekunden zu bekommen, das sich bequem photographieren läßt. So ist die beigefügte Figur hergestellt worden. Die Oberfläche erneuert sich fortwährend in raschem Tempo, so daß in stürmischem Vorgange die Moleküle des Acetons aus der Tiefe nach oben aufsteigen müssen.

Bild stationärer „Krater“ in einer Mischung von Aceton und Aluminiumpulver (Metallfix), die auf einer flachen Schale verdunstet.

Der Versuch kann auch mit fettfreiem Aluminiumpulver feinster Körnung allein und mit anderen Flüssigkeiten (Äther, Sdp. 34,6° C) ähnlich ausgeführt werden. Mit fetthaltigem Pulver läßt sich der folgende hübsche Versuch machen: Gießt man auf ein solches Pulver Aceton, so bedeckt sich die Flüssigkeitsoberfläche mit einer Aluminiumhaut, da Aceton Fett nicht löst. Gibt man dann Äther hinzu, der sich mit Aceton mischt und Fett löst, so verschwindet die Haut, das Gemisch brodelt heftig. Der Äther

[1] Metallfix ist ein wasserunlöslicher, farbloser, dickflüssiger Kitt, der zur besseren Verwendung mit Aluminiumpulver versetzt ist. Es ist von der Firma Greve & Behrens, Abt. Metallfix, Stellingen-Hamburg, Postfach 13, zu beziehen. Man erbitte die Gratissendung eines Probefläschchens.

verdunstet nun zuerst. Es bildet sich eine neue Haut, indem Fetteilchen sich wieder mit Aluminiumteilchen vereinigen und dann größere Konglomerate entstehen, die vom Rande oder vom Boden des Gefäßes abwandern, um die Decke allmählich zu schließen. Das beginnt meistens an einer bestimmten Stelle der Oberfläche.

Physikalisches Institut der Universität Bonn.

Neuer, vielseitig verwendbarer Schultransformator.

Von **E. Aretz** in Flensburg-Mürwik.

Will man den zu Versuchen und Messungen erforderlichen Wechselstrom dem Lichtnetz entnehmen, so kann man zur Einstellung bestimmter Spannungen Regelwiderstände oder Transformatoren verwenden. Die Regelwiderstände, die entweder als Vorwiderstände oder als Spannungsteiler geschaltet werden, bieten den Vorteil feinstufiger Regelung. Ihr Nachteil liegt im wesentlichen darin, daß sie naturgemäß keine Überschreitung der Netzspannung ermöglichen und bei Belastung durch Eisendrosseln oft eine starke Verzerrung der Kurvenform hervorrufen. Aus diesen Gründen ist in vielen Fällen ein Transformator vorzuziehen. Da nun einerseits die Beschaffung eines teuren Regeltransformators für feinstufige Regelung vielfach am Kostenpunkt scheitert und anderseits die bekannten Schultransformatoren mit auswechselbaren Spulen und verschiebbarem Jocheisen infolge der großen Streuung einen äußerst starken Spannungsrückgang aufweisen, so wird man zweckmäßig einen Stufentransformator verwenden. Gegenüber den üblichen Stufentransformatoren, deren Wicklung eine größere oder kleinere Zahl Anzapfungen hat, zeichnet sich der hier beschriebene Transformator infolge einer neuartigen Schaltung und Ausführung (D.R.G.M.) durch seine vielseitigen Schalt- und Verwendungsmöglichkeiten aus.

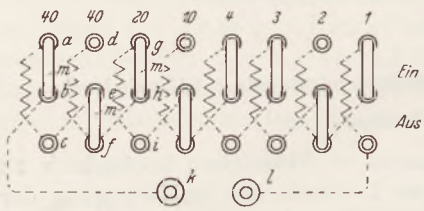

Fig. 1. Schaltung der Sekundärwicklung.

Die Sekundärwicklung des neuen Stufentransformators[1] besteht aus einer Anzahl Teilwicklungen, deren verschieden hohe Spannungen sich — entsprechend den Gewichtstücken eines Gewichtssatzes — beliebig zusammensetzen lassen. Dieses Prinzip der Unterteilung, das in der Elektrotechnik bekanntlich schon bei Kondensator-Batterien und Meßwiderständen Anwendung findet, läßt sich nicht ohne weiteres bei Transformatoren anwenden, da man naturgemäß keine Teilwicklung kurzschließen darf. Die neue Schaltung umgeht diese Schwierigkeit dadurch, daß das Ende jeder Teilwicklung mittels eines einpoligen Umschalters entweder mit dem Anfang oder dem Ende einer anderen Teilwicklung verbunden werden kann. Im ersten Fall ist die Teilwicklung mit in Reihe geschaltet, im zweiten Fall ist sie ausgeschaltet. Als Beispiel zeigt Fig. 1 diese Schaltung bei einem Schultransformator, dessen Sekundärwicklung aus 8 Teilwicklungen besteht, die durch Zickzacklinien angedeutet sind. Die gestrichelten Linien stellen rückwärtige Verbindungen dar. Die erforderlichen 8 Umschalter sind hier durch je 3 Steckbuchsen (*abc, def, ghi* usw.) und je einen sog. Doppel- oder Kurzschlußstecker (*m*) ersetzt. Die Zahlen über den Steckbuchsen entsprechen den Spannungen der Teilwicklungen. Die oberen Steckbuchsen (*a, d, g* usw.) sind mit den Anfängen, die unteren (*c, f, i* usw.) mit den Enden der Teilwicklungen fest verbunden. Jede mittlere Steckbuchse (*b, e, h* usw.), die dem Drehpunkt des Umschalters entspricht, hat feste Verbindung mit dem Ende der vorhergehenden Teilwicklung. Die mittlere Steckbuchse der ersten Teilwicklung und das Ende der letzten sind mit den Entnahmeklemmen (*k* und *l*) verbunden. Steht der Stecker oben, so ist die betreffende Teilwicklung eingeschaltet, steht er unten, so

[1] Hersteller: Transformatorenfabrik Magnus, Nürnberg-S.

ist sie ausgeschaltet. Auf diese Weise lassen sich alle Spannungen zwischen 1 V und 120 V in 1-Volt-Stufen einstellen. In Fig. 1 ist die Spannung 68 V eingestellt. Die Stellung der Stecker läßt jederzeit leicht erkennen, welche Spannung eingestellt ist. Diese neuartige Schaltung läßt sich praktisch für alle Stromstärken und Spannungen ausführen, sofern Wicklung und Schaltorgane entsprechend bemessen sind. Dem hier noch weiter beschriebenen Schultransformator kann bei Dauerbetrieb der Strom 6 A entnommen werden.

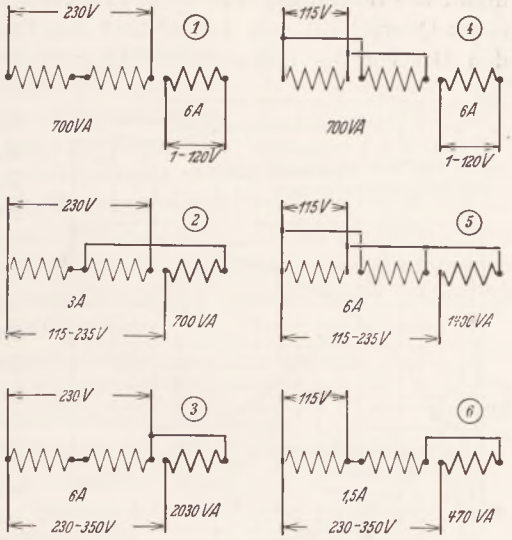

Fig. 2. Die 6 Hauptschaltungen des Transformators.

Infolge der getrennten Herausführung aller Wicklungsenden hat man bei der nach Fig. 1 ausgeführten Unterteilung noch die Möglichkeit, zum Betrieb einer Bogenlampe 3 × 40 V parallel zu schalten; man kann dann dauernd 18 A entnehmen. Ferner stehen zum Betrieb von Doppelweggleichrichtern in Divisorschaltung folgende Doppelspannungen zur Verfügung: 2 × 60 V, 2 × 40 V, 2 × 20 V, 2 × 10 V und 2 × 3 V. Diese Schaltungen werden teils durch Doppelstecker, teils durch Stecker mit Schnüren bewerkstelligt. Eine sekundäre Zusatzwicklung gestattet außerdem — unabhängig von der sekundären Hauptwicklung — stets die Entnahme von 4, 6 oder 10 V zum Betrieb von Glühkathodenröhren, kleinen Universalmotoren, Synchronmotoren u. dgl. Zur Erzielung weiterer Schaltmöglichkeiten ist die Primärwicklung aus zwei Teilwicklungen gebildet, die je nach der vorhandenen Netzspannung parallel- oder hintereinandergeschaltet werden können. Die Enden dieser Wicklungen sind ebenfalls zu Steckbuchsen auf der Frontplatte geführt. Durch diese Ausführung kann man mittels Stecker mit wenigen Griffen den gewöhnlichen Transformator in einen Spartransformator umwandeln, so daß man noch Spannungen bis zu etwa 350 V — und zwar ebenfalls in 1-Volt-Stufen aufsteigend — entnehmen kann. Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der möglichen 6 Hauptschaltungen; die dazu angegebenen Spannungen sind Nennwerte. Die vermerkten Stromstärken sind die sekundären Höchststromstärken für Dauerbetrieb. Der Spannungsrückgang, der beim Übergang von Leerlauf auf Vollast eintritt, beträgt bei konstanter Primärspannung je nach Schaltung etwa 5 bis 7%. Die in Fig. 2 ferner angegebenen Leistungen wurden sekundärseitig tatsächlich festgestellt, und zwar jeweils bei den angegebenen Werten für Primärspannung und Sekundärstrom. Für kurzzeitige Einschaltdauer können alle angegebenen Stromstärken und Leistungen erheblich überschritten werden; vom kalten Transformator aus kann man z. B. 30 Minuten lang die doppelte Stromstärke und auch annähernd die doppelte Leistung entnehmen. (Da die beiden Primärwicklungen auf verschiedene Schenkel gewickelt sind, ist bei Schaltung 6 die

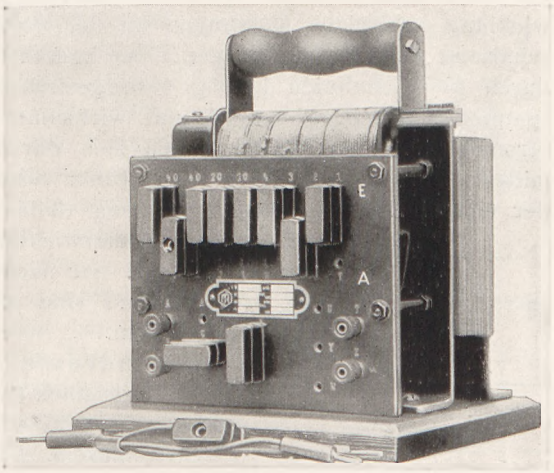
Fig. 3. Schultransformator.

Streuung und damit der Spannungsrückgang größer als bei den übrigen Schaltungen.) Bei Schaltung 2 und 6 ist die Dauerstromstärke nur 3 bzw. 1,5 A, weil bei diesen Stromstärken in einer der beiden Primärwicklungen schon der höchstzulässige Strom 3 A fließt. Die Leistungsaufnahme bei Leerlauf beträgt etwa 10 Watt. Die Primärwicklung hat einen Querschnitt von 1 mm² und den OHMschen Widerstand 2,45 Ω; die ensprechenden Größen der Sekundärwicklung sind 2 mm² und 0,85 Ω. Der Kern mißt außen 200 × 120 × 50 mm. Fig. 3 zeigt die Ausführung des Transformators. Die Steckbuchsen sind in die Frontplatte versenkt und durch eine zweite Pertinax-Platte abgedeckt. Für die Zu- und Ableitung des Stromes sind isolierte Universalklemmen vorgesehen. Die Doppelstecker sind ebenfalls isoliert. Durch diese Ausstattung der Frontplatte ist ein vollkommener Berührungsschutz erzielt. Ein kräftiger Handgriff ermöglicht bequemen Transport. Dieser Schultransformator wiegt etwa 12 kg.

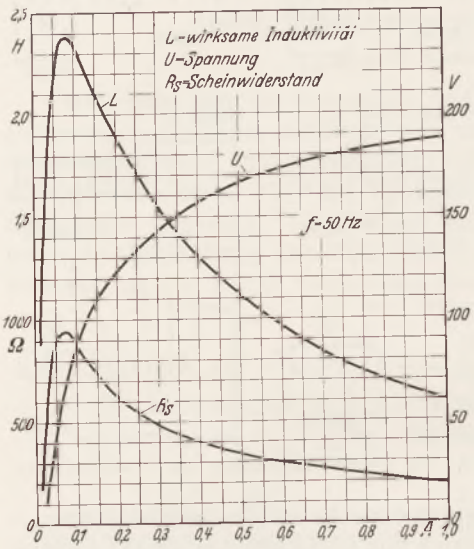

Fig. 4. Kennlinien der Sekundärwicklung.

Neben der Verwendung als praktische Wechselstromquelle leistet der Transformator auch noch ausgezeichnete Dienste als Drosselspule bzw. als feinstufig regelbare Induktivität für viele grundlegende Versuche zur Lehre vom Wechselstrom. Infolge der verhältnismäßig großen Eisenmasse und durch die Möglichkeit, beliebig viele Windungen ab- und zuzuschalten, lassen sich die Versuche durchweg viel eindrucksvoller gestalten als mit den üblichen Spulen und Elektromagneten der physikalischen Sammlungen. Um Anhaltspunkte für das Verhalten der Sekundärwicklung als Induktionsspule im Wechselstromkreis zu finden, wurden bei offener Primärwicklung zahlreiche Messungen an der Sekundärwicklung (bei der Hintereinanderschaltung aller Teilwicklungen!) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind durch die Kennlinien in Fig. 4 dargestellt; sie zeigen den Verlauf von Klemmenspannung, Scheinwiderstand und wirksamer Induktivität in Abhängigkeit von der Stromstärke. Diese Werte lassen sich durch Einstellen geringerer Windungszahlen mittels der 7 Stecker in kleinen Stufen vermindern. Durch Hintereinanderschaltung der veränderlichen Sekundärwicklung (3 bis 330 Windungen) mit der ganzen oder halben Primärwicklung (300 oder 600 Windungen) kann man die Werte der Kennlinien ebenso stufenweise vergrößern. Nachfolgend sind einige besonders wirkungsvolle Versuche beschrieben.

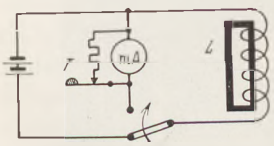

Fig. 5. Eisendrossel als Energiespeicher.

Eisendrossel als Energiespeicher. Dieser Versuch ist das Gegenstück zu der Erscheinung des allmählichen Stromanstieges beim Einschalten einer Spule mit Eisenkern in einen Gleichstromkreis. Fig. 5 zeigt die Versuchsanordnung. Als Stromquelle genügt ein 4-Volt-Akkumulator oder eine Taschenlampenbatterie. L ist der Transformator, dessen sämtliche Wicklungen zur Erzielung einer möglichst großen Induktivität gleichsinnig in Reihe geschaltet sind. Strommesser und Nebenwiderstand sind so zu wählen, daß bei eingeschaltetem Widerstand ein Meßbereich von etwa 500 mA besteht und nach Abschalten des Widerstandes durch Niederdrücken der Taste T der Meßbereich etwa 2 mA umfaßt. Bei der skizzierten Stellung des Umschalters fließen etwa 1,3 A durch den Transformator. Wird der Umschalter schnell umgelegt und damit die Stromquelle abgeschaltet und die Spule (Transformator) über den Strommesser kurzgeschlossen, so kann man den durch das Zusammenbrechen des Feldes

entstehenden Induktionsstrom am Strommesser ablesen. Der anfänglich kräftige Stromstoß wird rasch schwächer, braucht aber bis zum völligen Verschwinden 30 bis 35 Sekunden. Etwa 20 Sekunden nach dem Umschalten drückt man die Taste T, damit man auch den letzten schwachen Strom noch gut beobachten kann.

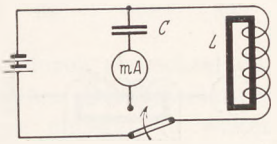

Fig. 6.
Schaltung zur Erzeugung langsamer Schwingungen.

Langsame Schwingungen. Ergänzt man die Schaltung durch Einfügung eines Kondensators C gemäß Fig. 6 zu einem Schwingungskreis, so kann man in ihm langsame Schwingungen erzeugen. Der Kondensator hat eine Kapazität von 40 bis 50 μF. Als Strommesser wählt man ein Gerät mit dem Nullpunkt in der Mitte und einem Meßbereich von etwa 30 mA. Die Einstelldauer des Zeigers soll möglichst klein sein. Als Stromquelle genügt auch hier eine Taschenlampenbatterie. Durch schnelles Umschalten wird die Stromquelle ab- und der Schwingkreis eingeschaltet. Der Zeiger pendelt dann derart um den Nullpunkt, daß man deutlich die rasch abklingende gedämpfte Schwingung erkennt. Die Frequenz der Schwingung beträgt schätzungsweise 2 bis 3 Hertz.

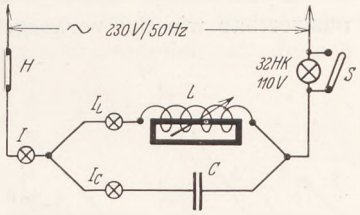

Fig. 7. Schaltung zum Nachweis der Stromresonanz.

Stromresonanz. In der Versuchsanordnung Fig. 7 ist L wieder der als regelbare Induktionsspule geschaltete Transformator, und zwar ist hier Primär- und Sekundärwicklung gemäß Schaltung 5 in Fig. 2 geschaltet. Mittels der Stecker kann man die Windungszahl von 300 bis 630 in kleinen Stufen (2,75 Windungen) verändern. Die Kapazität des Kondensators beträgt 10 μF. Die Glühlampen ersetzen Strommesser zur Beobachtungder Ströme I, I_L und I_C. Kleine Glühlampen 4 V/4 W mit Sockel Edison 14 sind besonders geeignet. Der Anschluß der Versuchsanordnung an das 230-Volt-Wechselstromnetz erfolgt über eine 32kerzige Kohlenfadenlampe für 110 V, die durch den Schalter S kurzgeschlossen werden kann. Beim Einschalten der Versuchsanordnung muß stets zuerst der Schalter H eingelegt werden und dann erst der Schalter S. Durch diese Maßnahme werden die während des Einschwingens auftretenden starken Stromstöße gedämpft und somit ein Durchbrennen der kleinen Glühlampen verhindert. Aus dem gleichen Grunde darf ein Umstecken der Stecker am Transformator nur bei geöffnetem Schalter S erfolgen. Zunächst wird nun die Windungszahl in großen Stufen — entsprechend 10 V der Sekundärwicklung — verändert. Man kommt so dem Resonanzpunkt nahe, bei dem I_L und I_C gleich groß sind und I einen kleinsten Wert erreicht hat. Durch nunmehriges Verändern der Windungszahl in kleinen Stufen — entsprechend 1 V der Sekundärwicklung — findet man den Resonanzpunkt genau; jetzt leuchten die Lämpchen, die von den Zweigströmen durchflossen werden, gleich hell, während das Lämpchen in der Hauptleitung so schwach glüht, daß man es kaum erkennen kann. Der Verlauf der durch Messungen mit einem Hitzdraht-Strommesser gefundenen Stromstärken ist in Fig. 8 in Abhängigkeit von der Windungszahl dargestellt. Auf der Abszisse sind an Stelle der Windungszahlen der Einfachheit halber die jeweils eingestellten Spannungsstufen der Sekundärwicklung aufgetragen; 50 bedeutet z. B. $300 + [(330 : 120) \cdot 50] = 438$ Windungen. In Fig. 8 sind ferner drei Stromdiagramme

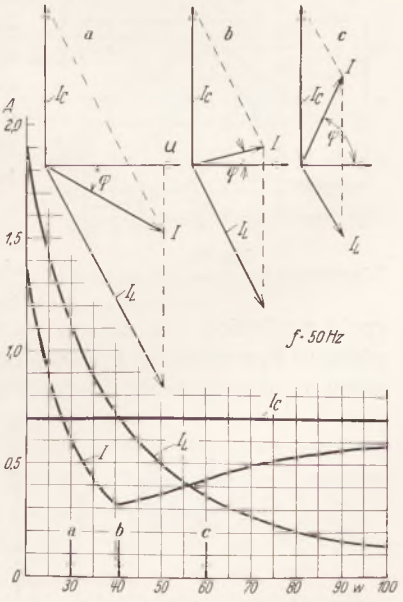

Fig. 8. Diagramme zur Stromresonanz.

gezeichnet, die für drei auf der Abszisse besonders gekennzeichnete Windungszahlen gelten. Die Diagramme zeigen deutlich, daß die Phasenverschiebung zwischen dem Hauptstrom I und der Spannung U durch das Verhältnis von Induktivität und Kapazität beliebig geregelt werden kann. Der Fall $\sphericalangle \varphi = 0^0$ liegt zwischen der Einstellung a und b. Hat man durch diese Messungen die für den Unterricht günstigen Werte von L und C ermittelt, so kann man den Versuch auch ohne weiteres so ausführen, daß man die Windungszahl konstant läßt und die Kapazität in gleichen Stufen, etwa von 20 bis 30 μF, ändert; dieser Versuch zeigt dann überzeugend, wie bequem der Leistungsfaktor durch Parallelschalten von Kondensatoren verbessert werden kann. Die Versuche über Stromresonanz lassen sich ebensogut bei der Netzspannung 120 V ausführen; als Induktionsspule nimmt man dann nur die Sekundärwicklung des Transformators.

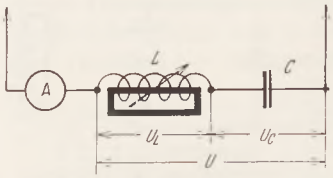

Fig. 9. Schaltung zum Nachweis der Spannungsresonanz.

Spannungsresonanz. Dieser Versuch ist ebenso interessant und vielseitig auswertbar wie der vorhergehende. In der Versuchsanordnung Fig. 9 ist L die Sekundärwicklung des Transformators und C ein Kondensator von 10 μF. Als Strommesser dient ein Hitzdrahtgerät mit einem Meßbereich von 300 mA. Die Spannung U wurde einem zweiten Stufentransformator entnommen und im vorliegenden Fall auf 33 V konstant gehalten. Die Spannungen U_L und U_C wurden mit einem Ventil-Drehspulgerät mit dem geringen Eigenstrom 3 mA gemessen. (Berücksichtigung der Anzeigefehler infolge Kurvenverzerrung!) Ebenso wie bei der Ermittlung der Stromresonanz wurden auch hier die Messungen bei verschiedenen Windungszahlen vorgenommen. Fig. 10 zeigt den Verlauf der Spannungen und der Stromstärke in Abhängigkeit von der Windungszahl. (Auch hier entsprechen die Zahlen der Abszisse den Spannungsstufen des Transformators.) Im Resonanzpunkt sind U_L und U_C gleich, und die Stromstärke hat ihren Höchstwert erreicht. Die drei Vektordiagramme gelten auch hier für die besonders gekennzeichneten Windungszahlen.

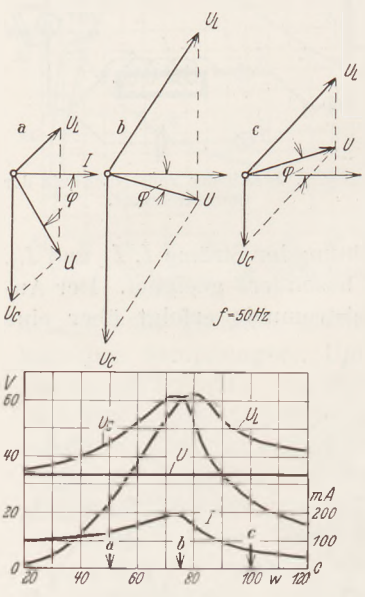

Fig. 10.
Diagramme zur Spannungsresonanz.

Kipperscheinungen. Führt man beim vorigen Versuch die gleiche Meßreihe bei steigender Spannung U durch, so zeigt sich, daß die Kennlinien von U_L, U_C und I immer steiler abfallen, bis sie schließlich senkrecht verlaufen. In diesem Falle können also für ein und denselben Stromkreis bei gleicher Spannung U zwei Gleichgewichtszustände bestehen. Der Übergang von dem einen in den anderen Zustand erfolgt sprunghaft. Die Spannungen kippen gewissermaßen um; man spricht deshalb auch von Kipperscheinungen oder von Phasenkippen. In der Versuchsanordnung Fig. 11 ist L wiederum die Sekundärwicklung des Transformators, und zwar sind im vorliegenden Beispiel alle Teilwicklungen eingeschaltet. C ist ein Kondensator von 40 μF. W ist eine Zusatzwicklung von wenigen Windungen, die durch die Taste T vorübergehend kurzgeschlossen werden kann. Der eine Strommesser hat einen Meßbereich von 5 A, der andere von 100 mA. Der letztere kann durch den Schalter S überbrückt werden, damit er vor Überlastung geschützt ist. Durch einen zweiten Stufentransformator wird die Spannung U konstant gehalten. Unmittelbar vor und nach dem Kippen wurden folgende

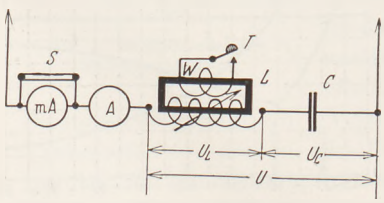

Fig. 11. Schaltung für Kippversuche.

Werte gemessen (s. Tabelle). Der plötzliche Übergang von dem einen zum anderen Gleichgewichtszustand kann durch eine geringe Änderung der Netzspannung oder auch durch eine magnetische Erschütterung erfolgen. Eine magnetische Erschütterung tritt z. B. ein, wenn die Taste T kurzzeitig geschlossen wird. Man kann also durch abwechselndes Schließen und Öffnen der Taste T das Kippen beliebig oft hervorrufen. Durch Änderung von L und C kann man die Spannung U, bei der das Kippen einsetzt, in weiten Grenzen ändern.

I in A	U in V	U_L in V	U_C in V
0,070	64	68	5
4,400	64	228	280

Berechnung eines Potentiometers.

Von **H. Bock** in Hamburg.

Bei Rundfunk-Netzanschluß für Gleichstrom wird vielfach ein Spannungsteiler oder Potentiometer benutzt. Die Bestimmung der erforderlichen Widerstandsstufen macht insofern Schwierigkeiten, als die Messung der Teilspannungen des hohen Spannungsabfalles wegen selbst mit Voltmetern großen Widerstandes nicht möglich ist. Jedoch lassen sich die Anzapfspannungen bei gegebenen Teilströmen leicht und einfach auf graphischem Wege ermitteln, worauf im folgenden zunächst kurz eingegangen wird. Die Begründung erfolgt später.

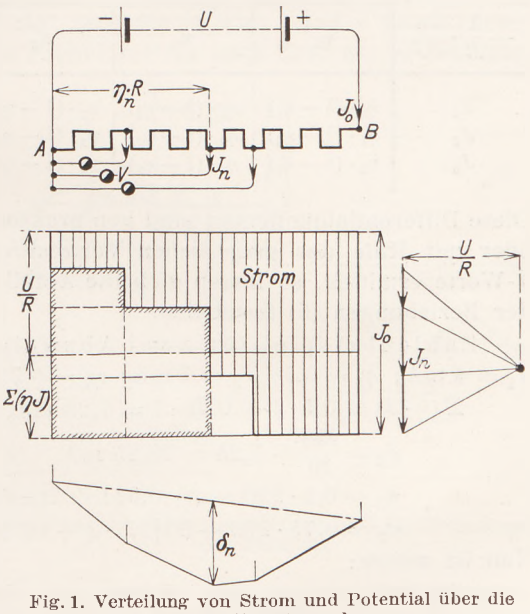

Fig. 1. Verteilung von Strom und Potential über die Potentiometerspule.

Graphisches Verfahren. Gegeben sei nach Fig. 1 der Potentiometerwiderstand AB von $R\,\Omega$, an dem die Netzspannung U liegt. Die durch die Verbraucher V (z. B. Hochvakuumröhren) gehenden Teilströme J seien bekannt. Man soll nun die Teilspannungen u zwischen A und den Anzapfpunkten bestimmen.

Wären die $J = 0$, so würde einfach $u_n = \eta_n \cdot U$ sein; wegen der von Null verschiedenen Teilströme J jedoch sind die u etwas kleiner. Dieser Unterschied läßt sich zeichnerisch wie folgt bestimmen: man betrachte die J als Kräfte und zeichne ein Seilpolygon mit dem Polabstand U/R. Die strichpunktierte Schlußlinie liefert dann z. B. δ_n als den an der zugeordneten Abzweigstelle eintretenden Spannungsabfall, wobei sich der Voltmaßstab dadurch ergibt, daß die Strecke AB gleich U gesetzt wird. Die tatsächliche Spannung zwischen A und dem Zapfpunkt n beläuft sich somit auf $u_n = \eta_n \cdot U - \delta_n$. Durch einiges Probieren lassen sich nun die Stellungen der Zapfpunkte leicht feststellen, die die gewünschten Teilspannungen ergeben.

Damit ist die Aufgabe gelöst und es erübrigt sich, das Verfahren zu begründen bzw. zu erweitern.

Analytische Betrachtung. Durch Anwendung des KIRCHHOFFschen Maschensatzes auf die oberste Masche ergibt sich bei m Teilströmen:

$$E = R \cdot \sum_{1}^{m+1} \left\{ (\eta_s - \eta_{s-1}) \cdot \left[J_0 - \sum_{1}^{m} (J) \right] \right\}, \qquad (1)$$

worin $\eta_0 = 0$, $\eta_{m+1} = 1$ und $\sum_{1}^{m} = 0$ für $s > m$. Vereinfacht gibt das:

$$J_0 = \frac{U}{R} + \sum_1^m (\eta \cdot J). \tag{2}$$

Ebenso folgen die Teilspannungen:

$$u_n = R \cdot \sum_1^n \left\{ (\eta_s - \eta_{s-1}) \cdot \left[J_0 - \sum_s^m (J) \right] \right\}. \tag{3}$$

Gleichung (3) liefert z. B. für $m = 3$ unter Berücksichtigung von (1):

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= \eta_1 \cdot U - R \cdot [\eta_1 \cdot J_1 + \eta_1 \cdot J_2 + \eta_1 \cdot J_3 - \eta_1 \cdot \Sigma (\eta \cdot J)] \\ u_2 &= \eta_2 \cdot U - R \cdot [\eta_1 \cdot J_1 + \eta_2 \cdot J_2 + \eta_2 \cdot J_3 - \eta_2 \cdot \Sigma (\eta \cdot J)] \\ u_3 &= \eta_3 \cdot U - R \cdot [\eta_1 \cdot J_1 + \eta_2 \cdot J_2 + \eta_3 \cdot J_3 - \eta_3 \cdot \Sigma (\eta \cdot J)] \end{aligned}\right\}. \tag{4}$$

Zur Veranschaulichung der ersten drei Klammerglieder betrachte man das Stromdiagramm der Fig. 1. Zum Beispiel kommen für u_2 die geänderten Rechtecke in Betracht. Aus Gleichung (2) geht übrigens hervor, daß das Rechteck mit der Höhe U/R der schraffierten Stufenfläche inhaltsgleich ist.

Differentialbeziehungen. Gleichung (3) besagt, daß die $\frac{\partial u}{\partial J}$ konstant sind, die $\frac{\partial u}{\partial \eta}$ aber nicht. Es ist z. B. für $m = 3$:

$-\frac{1}{R} \cdot \frac{\partial u}{\partial J}$	u_1	u_2	u_3
J_1	$\eta_1 \cdot (1 - \eta_1)$	$\eta_1 \cdot (1 - \eta_2)$	$\eta_1 \cdot (1 - \eta_3)$
J_2	$\eta_1 \cdot (1 - \eta_2)$	$\eta_2 \cdot (1 - \eta_2)$	$\eta_2 \cdot (1 - \eta_3)$
J_3	$\eta_1 \cdot (1 - \eta_3)$	$\eta_2 \cdot (1 - \eta_3)$	$\eta_3 \cdot (1 - \eta_3)$

Oder allgemein:

$$\frac{\partial u_p}{\partial J_q} = \eta_q \cdot (1 - \eta_p), \text{ wofern } p \geqq q. \tag{5}$$

Weiter existiert ein Vertauschungstheorem, wie in der Elastizitätstheorie:

$$\frac{\partial u_p}{\partial J_q} = \frac{\partial u_q}{\partial J_p}. \tag{6}$$

Diese Differentialquotienten sind von praktischem Wert. Hat man nämlich rechnerisch oder mit Hilfe des graphischen Verfahrens die Spannungsabfälle für die normalen J-Werte ermittelt, so lassen sich die Abfälle für beliebige J leicht durch Anwendung der Beziehungen (5) feststellen.

Zahlenbeispiel für zwei Abzweigungen. Es sei $U = 220$ V; $R = 20000\ \Omega$; $J_1 = 4$ mA; $\eta_1 = 0{,}5$; $J_2 = 7$ mA; $\eta_2 = 0{,}75$. Dann wird:

$$\Sigma (\eta \cdot J) = 0{,}5 \cdot 4 + 0{,}75 \cdot 7 = 7{,}25 \text{ mA}.$$

$$J_0 = \frac{220}{20} + 7{,}25 = 18{,}25 \text{ mA}.$$

$$u_1 = 0{,}5 \cdot 220 - 20\,[0{,}5\,(4 + 7) - 0{,}5 \cdot 7{,}25] = 110 - 37{,}5 = 72{,}5 \text{ V}.$$

$$u_2 = 0{,}75 \cdot 220 - 20\,[0{,}5 \cdot 4 + 0{,}75\,(7 - 7{,}25)] = 165 - 36{,}25 = 128{,}75 \text{ V}.$$

Nun ist weiter:

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial J_1} = -0{,}25 \frac{\text{V}}{\text{mA}}; \quad \frac{1}{R} \frac{\partial u_2}{\partial J_1} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial J_2} = -0{,}125; \quad \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial J_2} = -0{,}1875.$$

Somit bringt ein Wachstum von J_1 um 1 mA eine Abnahme von u_1 um $20 \cdot 0{,}25 = 5$ V zustande, sowie eine Abnahme von u_2 um 2,5 V. Dagegen verursacht ein Wachstum von J_2 um 1 mA ein Nachlassen von u_2 um 3,75 V und ein solches von u_1 wieder um 2,5 V. Die Spannung u_1 würde verschwinden bei $J_1 = \frac{72{,}5}{5} = 14{,}5$ mA oder bei $J_2 = \frac{72{,}5}{2{,}5} = 29$ mA. Dagegen würde u_2 zu Null bei $J_1 = \frac{128{,}75}{2{,}5} = 51{,}5$ mA oder bei $J_2 = \frac{128{,}75}{3{,}75} = 34{,}3$ mA. Diese Zusammenhänge machen manche in Empfängern auftretende Erscheinungen verständlich.

Begründung des graphischen Verfahrens. Überträgt man in Fig. 2 die strichpunktierte Schlußlinie in das rechts gelegene Strompolygon, so ergibt sich die Strecke L, deren Amperewert so bestimmt wird: Setzt man AB gleich 1, so bestehen die Proportionen:

$$\frac{a}{J_2} = \frac{\eta_2 R}{U}, \quad \frac{b}{J_1} = \frac{\eta_1 R}{U}, \quad \frac{a + b}{1} = \frac{R \cdot L}{U}.$$

Hieraus ergibt sich: $$L = \Sigma(\eta J). \tag{7}$$

Die Spannung zwischen B und C beträgt:

$$u_{BC} = x \cdot R \cdot J_0 - [x - (1 - \eta_2)] \cdot R \cdot J_2,$$

oder nach Gleichung (2):

$$u_{BC} = x \cdot U + x \cdot R \cdot \Sigma(\eta J) - (x - 1 + \eta_2) \cdot R \cdot J_2. \tag{8}$$

Nun kommt aus ähnlichen Dreiecken:

$$y + z = x \cdot R \cdot \Sigma(\eta J) \cdot \frac{R}{U}\ \Omega, \tag{9}$$

$$z = (x - 1 + \eta_2)\, R \cdot J_2 \cdot \frac{R}{U}\ \Omega. \tag{10}$$

Setzt man die Werte für $x \cdot R \cdot \Sigma(\eta J)$ und $(x - 1 + \eta_2) \cdot R \cdot J_2$ in Gleichung (8) ein, so wird:

$$u_{BC} = x \cdot U + y \cdot \frac{U}{R}, \tag{11}$$

oder: $$u_{AC} = u_{AB} - u_{BC} = U(1 - x) - y\frac{U}{R}. \tag{12}$$

Hiermit ist die Konstruktion für eine beliebige Stelle x bewiesen. Der Faktor U/R von y bedeutet die Umrechnung der nach (9) in Ohm gemessenen Länge y in Volt, wobei AB gleich U zu setzen ist.

Bemerkenswert ist noch folgendes: Trägt man die in Fig. 2 mit δ bezeichneten Ordinaten von den Zapfpunkten *1* und *2* des Potentiometers nach links an, so bekommt man die Stellen *1'* und *2'*, an denen bei $J_1 = J_2 \ldots = 0$ dieselben Spannungen gegen A herrschen würden, wie sie in Wirklichkeit in *1* und *2* vorhanden sind. Die Zapfpunkte rücken also gewissermaßen nach links infolge der Abzweigströme. Diese Darstellung erhöht die Übersichtlichkeit.

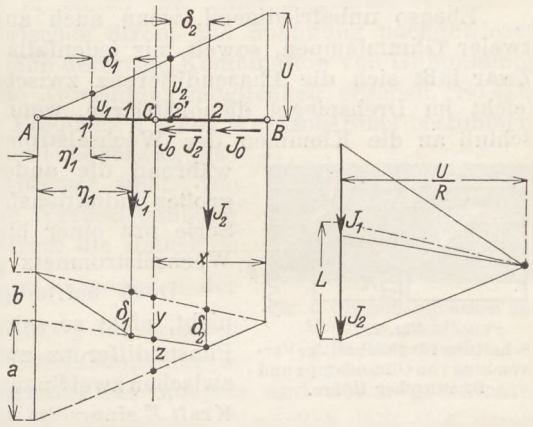

Fig. 2. Geometrischer Zusammenhang zwischen Seilpolygon und Potential.

Wirkungsgrad. Bezeichnet man die Längen $A\,1'$, $A\,2'$ usw. mit η_1', η_2' usf., so läßt sich der Wirkungsgrad des Potentiometers so schreiben:

$$\frac{\Sigma(u \cdot J)}{U \cdot \left(\frac{U}{R} + \Sigma(\eta J)\right)} = \frac{\Sigma(\eta' \cdot J)}{\frac{U}{R} + \Sigma(\eta \cdot J)}.$$

Die Summen sind die auf A bezogenen „Momente" der Teilströme. Der Wirkungsgrad verschwindet für $J_1 = J_2 = \ldots = 0$; das ist der Nachteil der Potentiometerschaltung.

Anmerkung. Würde man den Spannungsteiler durch einfache Ballastwiderstände in den Stromkreisen der einzelnen J ersetzen, wie es meistens geschieht, so verschwände der genannte Nachteil, die Spannungsregulierung aber könnte bloß durch Auswechslung der Widerstände geschehen, und der Wirkungsgrad erhöhte sich auf das $\frac{\frac{U}{R} + \Sigma(\eta \cdot J)}{\Sigma(J)}$-fache. Die Abhängigkeit der Teilspannungen von den Strömen wird dann aber im allgemeinen größer.

Über eine praktische Verbindung von Glimmlampe und Braunscher Röhre.

Von **F. Herbst** in Berlin-Johannisthal.

Schon wiederholt ist in dieser Zeitschrift von der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit der Glimmlampe im Physikunterricht die Rede gewesen. Wenig bekannt aber scheint die im folgenden geschilderte Verbindung von Glimmlampe und BRAUNscher Röhre zu sein, mit der ich im Unterricht recht gute Erfahrungen gemacht habe.

Es handelt sich hierbei in erster Linie um den Nachweis der Phasenverschiebung zwischen der Stromstärke und der erzeugenden elektromotorischen Kraft eines Wechselstroms in einer mit einer Selbstinduktion versehenen Leitung. Während der scheinbare Widerstand der Selbstinduktion in einfachster Weise durch eine Ablesung am Amperemeter nachgewiesen werden kann, besteht keine Möglichkeit, sich auf gleich einfachem Wege von der Phasenverzögerung des Wechselstroms zu überzeugen. Denn wenn auch mit der BRAUNschen Röhre allein in bekannter Weise die Existenz einer Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung durch das Auftreten von Ellipsen bzw. Kreisen sichtbar gemacht werden kann, so ist diese Erscheinung doch nur dann restlos verständlich, wenn die Schüler schon eine ganze Menge über lineare harmonische Schwingungen und ihre Zusammensetzung gehört haben oder wenn dem Experiment eine besondere theoretische Überlegung (evtl. Rechnung) speziell zu diesem Zweck vorhergeht oder nachfolgt. Auf alle Fälle wird die Phasenverschiebung nicht unmittelbar in sofort übersehbarer Weise nachgewiesen, vielmehr erst auf Grund einer verhältnismäßig verwickelten Erscheinung theoretisch erschlossen, was, wie ich meine, besonders unbefriedigend ist, wenn bei Behandlung des Wechselstroms genauere Kenntnis der Schwingungslehre nicht vorausgesetzt werden kann.

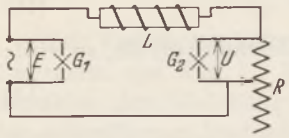

Fig. 1. Schaltung zweier Glimmlampen zum Nachweise von Phasendifferenzen.

Ebenso unbefriedigend, wenn auch aus anderen Gründen, ist die Verwendung zweier Glimmlampen, soweit mir jedenfalls diesbezügliche Schaltungen bekannt sind. Zwar läßt sich die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung verhältnismäßig leicht im Drehspiegel demonstrieren, wenn man etwa eine Glimmlampe im Nebenschluß an die Klemmen des Wechselstromnetzes mit seinen üblichen 50 Hertz legt, während die andere im Nebenschluß zu einem genügend großen induktionsfreien OHMschen Widerstand R liegt, der in Serie mit einer hinreichend großen Selbstinduktion an das Wechselstromnetz geschaltet ist (Fig. 1).

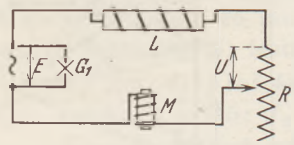

Fig. 2. Schaltung für gleichzeitige Verwendung von Glimmlampe und BRAUNscher Röhre.

Doch befriedigt meines Erachtens auch diese Methode nicht, nicht so sehr, weil auch hierbei nicht unmittelbar die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung, vielmehr die zwischen zwei Spannungen, der erzeugenden elektromotorischen Kraft E einerseits und der Spannungsdifferenz U an den Enden von R andererseits, sichtbar gemacht wird, sondern vor allem, weil auf diese Weise gerade der interessante Grenzfall $R = 0$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$ nicht erfaßt werden kann, da G_2 überhaupt nur für solche Werte von R anspricht, die wenigstens eine der Zündspannung gleiche Spannungsdifferenz U liefern. Aus denselben Gründen dürfte der Versuch überhaupt mißlingen, wenn nur Wechselstrom von 110 Volt anstatt von 220 Volt zur Verfügung steht.

Alle diese Mängel werden sofort behoben, wenn man sich an Stelle von G_2 der BRAUNschen Röhre bedient, deren Fluoreszenzfleck in der üblichen Weise durch einen kleinen Elektromagneten M möglichst geringer Selbstinduktion in eine lotrechte Strecke ausgezogen wird. Die Schaltung zeigt Fig. 2.

Im Drehspiegel liefert dann die BRAUNsche Röhre unmittelbar die Stromkurve in der Form der Sinuslinie, gleichzeitig aber läßt G_1 den zeitlichen Verlauf der elektromotorischen Kraft E durch eine Reihe aufeinanderfolgender Lichtmarken um so deutlicher erkennen, je näher E der Zündspannung liegt und je schmaler der Spalt ist, durch den das Glimmlicht auf den Spiegel fällt. Selbstverständliche Voraussetzung allerdings ist, daß der Spalt der Glimmlampe die unmittelbare Fortsetzung des geradlinigen Fluoreszenzbildes auf dem Schirm der BRAUNschen Röhre ist, — die einzige kleine Schwierigkeit, die bei dieser Versuchsanordnung überwunden werden muß.

Man stellt sich entweder eine einfache Blende der in Fig. 3 gezeichneten Form her, die, gehalten durch ein Bunsenstativ, unmittelbar auf die Glaswand der BRAUNschen Röhre so aufgesetzt werden kann, daß Spalt und Fluoreszenzbild in einer lotrechten Geraden liegen, oder aber man überklebt die Glimmlampenbirne mit schwarzem lichtundurchlässigen Papier so, daß nur an einer Stelle eine kleine Öffnung von etwa einem halben Quadratzentimeter frei bleibt, und läßt durch diese „Blende" das Glimmlicht unmittelbar auf das Glas der BRAUNschen Röhre dorthin fallen, wo vorhin die Spaltblende stand, also in die Verlängerung des Fluoreszenzbildes. Beobachtet wird dann das durch das Glas der Röhre erzeugte Spiegelbild der Blende, das sehr genau und leicht in die Verlängerung des Leuchtbildes auf dem Fluoreszenzschirm eingestellt werden kann.

Fig. 3. Blende für die Glimmlampe.

Im Drehspiegel erscheinen dann übereinander die Sinuskurve des Stromes und die Lichtmarken der Spannung; erstere im blauen Fluoreszenzlicht, letztere im rötlichen Glimmlicht der Neonlampen (vgl. Fig. 4, die die Erscheinung für $\varphi = 0$ wiedergibt). Jede Phasenverschiebung, etwa bei Vergrößerung der Selbstinduktion im Stromkreis, macht sich deutlich dadurch bemerkbar, daß die Glimmlichtmarken gegenüber den Höchstwerten der Sinuskurve versetzt erscheinen, wobei auch der Fall $\varphi = \frac{\pi}{2}$ für großes L und $R = 0$ in einfachster Weise gezeigt werden kann.

In ganz ähnlicher Weise kann die in einem mit einer Kapazität versehenen Stromkreis auftretende Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung nachgewiesen werden. Aber auch sonst dürfte sich für eine derartige Kombination von Glimmlampe und BRAUNscher Röhre noch manche schöne Anwendungsmöglichkeit ergeben. So läßt sich z. B. mit ihrer Hilfe die unbekannte Frequenz n eines Wechselstroms bestimmen, wenn gleichzeitig ein Wechselstrom bekannter Frequenz n_0 (also etwa der des städtischen Netzes) zur Verfügung steht. Die Glimmlampe wird einfach an die bekannte Wechselspannung gelegt und mit dem zu untersuchenden Strom die Sinuslinie erzeugt. Das Verhältnis $\frac{n}{n_0}$ ist dann unmittelbar gleich der Anzahl der vollen Schwingungen der Sinuskurve, die zwischen je zwei um 2π versetzten Lichtmarken der Glimmlampe liegen. Durch geeignete Regelung der Umdrehungszahl des Spiegels und durch geschicktes Auszählen läßt sich diese Zahl sehr einfach bestimmen. Natürlich läßt sich dieser Versuch prinzipiell auch allein mit zwei Glimmlampen anstellen, doch dürfte die Klemmenspannung der den Strom unbekannter Frequenz liefernden Maschine nicht immer hoch genug sein, um den Betrieb einer Glimmlampe zu gestatten. In diesem Falle führt die geschilderte Verbindung von BRAUNscher Röhre und Glimmlampe stets zum Ziel.

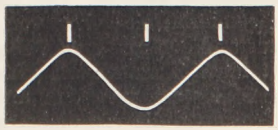

Fig. 4. Glimmlichtmarken und Fluoreszenzlichtkurve im Drehspiegel.

Berichte.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Künstliche Radioaktivität[1]. Von Dr. H. STEPS und Dr. J. BÖHME in Jena.

Vor kurzem ist es I. CURIE und F. JOLIOT[2] gelungen, durch Bestrahlung einiger nichtradioaktiver Elemente mit Polonium-α-Strahlen radioaktive Atome auf künstlichem Wege zu erzeugen, ein Vorgang, der bisher vollkommen unbekannt war. Es handelt sich dabei um eine Atomzertrümmerung, bei der das betreffende Element nicht momentan zerfällt, sondern dessen Zerfall zeitlich exponentiell abklingt, wie bei den bekannten radioaktiven Elementen.

Wie man seit etwa 35 Jahren weiß, sind die radioaktiven Elemente nicht beständig, sondern einem Kernzerfall unterworfen, der sich durch keine äußeren Einflüsse (elektrische oder magnetische Felder, Temperatur usw.) aufhalten oder beschleunigen läßt. RUTHERFORD gelang es 1919, nichtradioaktive Elemente durch Beschießen mit α-Strahlen zum Kernzerfall zu bringen.

Grundsätzlich ist eine Atomzertrümmerung nichtradioaktiver Elemente auf verschiedene Weise

[1] Nach einer Arbeit von L. MEITNER: Naturwiss. **22**, 172—174 (1934).

[2] I. CURIE et F. JOLIOT: Compt. rend. Acad. Sciences **198**, 254, 559 (1934).

möglich: 1. durch α-Strahlen, 2. durch Protonen (H^+-Strahlen) und 3. durch Neutronen (n)[1]. Beschießt man ein Element, z. B. Al, Mg, N oder B mit α-Strahlen, so entsteht bei der Zertrümmerung ein neues Element, und gleichzeitig treten neben γ-Strahlen, die uns hier nicht weiter interessieren, H^+-Strahlen oder Neutronen auf. Diese Zertrümmerungsprozesse sind ohne weiteres umkehrbar, d. h. bei Beschießung von Elementen durch H^+-Strahlen oder Neutronen entstehen wiederum neue Elemente bei gleichzeitigem Auftreten von α-Strahlen. Diese Vorgänge lassen sich in folgendes Schema bringen:

$$A + \alpha \rightleftharpoons B + H^+$$

oder

$$C + \alpha \rightleftharpoons D + n.$$

Innerhalb der Atomkerne findet ein Austausch von α-Strahlen (Heliumkerne) gegen Protonen oder Neutronen und umgekehrt statt. Die neu entstandenen Elemente besitzen eine um 3 Einheiten größere oder kleinere Masse und eine um 1 bzw. 2 Einheiten größere oder kleinere Kernladung.

Beispiel: $Al^{27}_{13} + He^4_2 \rightleftharpoons Si^{30}_{14} + H^1_1$

oder $B^{11}_5 + He^4_2 \rightleftharpoons N^{14}_7 + n^1_0$.

Es bedeuten die unteren Indizes die Kernladungen (Ordnungszahlen), die oberen die Kernmassen (Atomgewichte).

Alle diese künstlichen Atomzertrümmerungen sind in dem Augenblick beendet, wenn die Beschießung aufhört. Die Umwandlungen erfolgen momentan; sie gehen von einem stabilen Kernzustand aus und enden ebenfalls wieder in einem stabilen Zustand; sie unterscheiden sich daher grundlegend von den bekannten radioaktiven Prozessen, die von einem instabilen Kernzustand ausgehen und nach einem zeitlichen Exponentialgesetz einem stabilen Zustand zustreben.

Bei einem schon seit langem bekannten Zertrümmerungsvorgang des Al durch α-Strahlen nach dem Schema

$$Al^{27}_{13} + He^4_2 \rightarrow Si^{30}_{14} + H^1_1 \qquad (I)$$

beobachteten I. CURIE und F. JOLIOT[2] eine große Anzahl positiver Elektronen (e^+) und wahrscheinlich auch Neutronen. Sie deuteten diesen Vorgang in folgender Weise:

$$Al^{27}_{13} + He^4_2 \rightarrow Si^{30}_{14} + n^1_0 + e^+. \qquad (II)$$

Bei weiteren Versuchen zeigte sich dann etwas grundsätzlich Neues, daß nämlich die Ausstrahlung positiver Elektronen nicht nur während der Bestrahlung des Al durch α-Strahlen erfolgte, sondern, daß sie auch nach Wegnahme der α-Strahlenquelle noch nicht beendet war. Es lag augenscheinlich eine radioaktive, auf künstlichem Wege hergestellte Strahlung vor, deren Intensität nach 3,5 Minuten auf die Hälfte herabgesunken war (Halbwertszeit). Das Zerfallsschema II konnte also nicht richtig sein, da dies einem momentanen Zerfall entspricht; es blieb nur noch übrig, das entstandene Si^{30}_{14} als stabiles Endprodukt eines Zerfalls von P^{30}_{15} in $Si^{30}_{14} + e^+$ anzunehmen, so daß das neue Schema lauten würde:

$$Al^{27}_{13} + He^4_2 \rightarrow P^{30}_{15} + n^1_0 \rightarrow Si^{30}_{14} + e^+ + n^1_0. \qquad (III)$$

Der Al-Kern zerfällt also bei der Beschießung mit α-Strahlen in einen radioaktiven Phosphorkern und in ein Neutron. Der P-Kern geht nach einer Halbwertszeit von 3,5 Minuten in einen Si-Kern über unter Aussendung von Positronen.

Zum Beweise der Richtigkeit des Schemas III war es notwendig, den zur Radioaktivität Anlaß gebenden P-Kern chemisch zu isolieren und nachzuweisen. Versuche in dieser Richtung sind bereits mit Erfolg unternommen worden.

Mit Bor wurden ähnliche Untersuchungen vorgenommen, und es wurde ebenfalls eine künstliche Radioaktivität festgestellt, die nach dem Schema

$$B^{10}_5 + He^4_2 \rightarrow N^{13}_7 + n^1_0 \rightarrow C^{13}_6 + e^+ + n^1_0$$

vor sich geht. Bei diesem Zertrümmerungsprozeß entsteht als radioaktive Strahlenquelle ein N^{13}_7-Kern, dessen Halbwertszeit zu 14 Minuten bestimmt wurde. Auch hier gelang es, wie beim Al, den aktiven Anteil abzutrennen.

L. MEITNER[1] konnte die sehr schönen Ergebnisse von I. CURIE und F. JOLIOT mit Hilfe von Aufnahmen in der Wilsonkammer in jeder Weise bestätigen.

[1] Bericht von E. LAMLA: Diese Zeitschr. **47**, 129 (1934).

[2] I. CURIE et F. JOLIOT: Compt. rend. Acad. Sciences **196**, 1885 (1933).

Isotopie des Wasserstoffs. Schweres Wasser.

Von Dr. J. BÖHME in Jena.

Isotopie und Atombau.

Bei der Betrachtung des von L. MEYER und D. MENDELEJEFF im Jahre 1869 aufgestellten periodischen Systems der Elemente findet man, daß die Atomgewichte der einzelnen Elemente im allgemeinen keine ganzen Zahlen sind, wie man es eigentlich auf Grund der PROUTschen Hypothese annehmen sollte. PROUT (1815) behauptete nämlich, daß die Atome aus Wasserstoffkernen, den Protonen, beständen. Da das Atomgewicht des Wasserstoffs gleich Eins gesetzt wurde, müßten demnach die übrigen Atomgewichte ganzzahlig sein; die Masse der außer den Protonen vorhandenen Elektronen konnte keine große Rolle spielen, da die Elektronenmasse nur $^1/_{1850}$ der Masse eines Protons beträgt. Lange Zeit war die Abweichung der Atomgewichte von der Ganzzahligkeit eine große Schwierigkeit für die Aufstellung von Atomtheorien. Erst durch die Entdeckung der Isotopie wurden diese Fragen zum Teil hinreichend geklärt.

Das Auftreten isotoper Elemente wurde zuerst von SODDY im Jahre 1910 bei den radioaktiven Elementen beobachtet; jedoch fand man auch bald bei vielen inaktiven Elementen Isotope. Unter zwei Isotopen versteht man zwei Elemente, die zwar die gleiche Ordnungszahl, aber verschiedene Massen besitzen. Die Masse eines Elements wird, wie eben gesagt, in erster Linie durch

[1] L. MEITNER: Naturwiss. **22**, 172—174 (1934).

die Masse des Kerns repräsentiert; im Kern befinden sich Protonen und ein Teil der Elektronen, während sich die restlichen Elektronen nach BOHRscher Auffassung um den Kern bewegen.

Um zu veranschaulichen, wie der Bau zweier Isotope zu denken ist, sei auf ein Beispiel verwiesen (Fig. 1). Das Atomgewicht des Lithiums ist 6,940. Man hat nun festgestellt, daß Lithium aus dem Gemisch zweier Isotope mit dem Atomgewicht 6 (Li^6)[1] und mit dem Atomgewicht 7 (Li^7) besteht, und zwar ist Li^6 zu 6% und Li^7 zu 94% vorhanden. Es ist also zweckmäßig, den Wert 6,940 nicht mehr mit Atomgewicht, sondern mit „Verbindungsgewicht" zu bezeichnen und sich den Ausdruck „Atomgewicht" für die Isotope vorzubehalten, wie PANETH als einheitliche Bezeichnungsweise vorgeschlagen hat. Wir verstehen also unter Verbindungsgewicht den sich aus dem Mischungsverhältnis ergebenden Mittelwert der wahren Atomgewichte der einzelnen Bestandteile.

Bei Li^6 sind im Kern 6 Protonen und 3 Elektronen vorhanden, während sich die 3 restlichen Elektronen auf äußeren Bahnen bewegen, wie dies in Fig. 1 angedeutet ist. Die Differenz zwischen Protonen und inneren Elektronen beträgt 3. Diese so erhaltene Zahl bezeichnet man als Ordnungszahl oder Kernladungszahl eines Elements; man kann auch sagen: die Ordnungszahl gibt den Überschuß der positiven Elementarladungen im Atomkern an. Bei Li^7 ergibt sich für 7 Protonen und 4 innere Elektronen ebenfalls die Ordnungszahl 3; die äußere Elektronenanordnung ist also gegenüber Li^6 unverändert geblieben. Dies besagt und gilt ganz allgemein, daß alle Eigenschaften, die von der Struktur der äußeren Elektronenhülle abhängen, bei zwei Isotopen vollkommen gleich sein müssen, z. B. die chemischen Eigenschaften (Valenzelektron), die Atomvolumina, die Atomspektren usw.; dagegen müssen sich die beiden Isotope durch Eigenschaften, die mit der Kernmasse verbunden sind, grundlegend unterscheiden, z. B. durch Dichte, Einzelatomgewichte, Bandenspektren, Diffusions- und Verdampfungsgeschwindigkeiten.

Die Anzahl der Isotope eines Elementes ist ganz verschieden. Das Element mit der höchsten Isotopenzahl (nämlich 11) ist Zinn; das leichteste ist vom schwersten Isotop hier um 12 Einheiten im Atomgewicht verschieden. Bisher wurden 72 Elemente auf ihre Isotopieeigenschaft hin untersucht; es wurden dabei im ganzen 228 Atomarten festgestellt.

Man nennt Elemente, die kein Isotop besitzen, „Reinelemente" im Gegensatz zu den mit Isotopen auftretenden „Mischelementen". Beim Reinelement ist das Verbindungsgewicht im Prinzip gleich dem Atomgewicht des in nur einer Form auftretenden Elements; das Atomgewicht eines Reinelements müßte nach der PROUTschen Annahme ganzzahlig sein; die Ganzzahligkeit kann jedoch durch den sog. Packungseffekt gestört sein, worauf aber hier nicht näher eingegangen werden soll. Aus einer großen Abweichung des Verbindungsgewichtes von der Ganzzahligkeit kann man auf Mischelemente schließen. Umgekehrt aber ist der Schluß auf Reinelemente bei Auftreten von ganzzahligem Verbindungsgewicht nicht erlaubt, da der Mittelwert mehrerer Atomarten auch ganzzahlig sein kann, wie z. B. bei Brom: Verbindungsgewicht 79,916; Isotope Br^{79} und Br^{81} oder bei Krypton: Verbindungsgewicht 82,92; Isotope Kr^{78}, Kr^{80}, Kr^{82}, Kr^{83}, Kr^{84}, Kr^{86}.

In diesem Zusammenhang möge auch bemerkt werden, daß nicht nur die Verbindungsgewichte

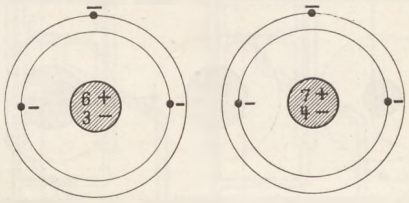

Fig. 1. Schematische Darstellung der Isotope Li^6 und Li^7. Ordnungszahl 3. Verbindungsgewicht von Li ist 6,940.

von Elementen unabhängig von Fundort und Darstellungsweise immer den gleichen Wert aufweisen, sondern daß auch die Mischungsverhältnisse ihrer Isotopen stets konstant sind. Die einzige Ausnahme bilden das inaktive Uranblei und das Thorblei.

Da Wasserstoff das kleinste Atomgewicht hat, glaubte man sein Atomgewicht als Einheit der Atomgewichte wählen zu können und alle übrigen Atomgewichte auf diese Einheit zu beziehen. Leider geht Wasserstoff mit nur wenigen Elementen Verbindungen ein, deren Zusammensetzung genau bestimmt werden kann, so daß nur eine indirekte Beziehung auf H = 1 vorgenommen werden kann. Diesen Übelstand vermeidet man bei Sauerstoff als Bezugseinheit, da dieser mit fast allen Elementen Verbindungen eingeht. Man bezieht also alle Atomgewichte auf O = 16,0000. Dann ergibt sich für H das Verbindungsgewicht 1,0078, ein Wert, der gegenüber der Einheit der Atomgewichte um etwa 1% zu groß ist. Aus dieser Unganzzahligkeit schloß man auf eine Isotopie des Wasserstoffs oder des Sauerstoffs oder beider Elemente. Mit Hilfe der Massen- und Bandenspektroskopie[1] wurde auch tatsächlich Sauerstoff eindeutig als Mischelement festgestellt mit den Isotopen O^{16}, O^{17} und O^{18}. Im ersten Augenblick schien nun die genaue Bestimmung einer Bezugsnormale nicht möglich zu sein, doch konnte man bald einen für alle Beteiligten möglichen Kompromiß machen. Da nämlich der Isotopenanteil von O^{17} und O^{18}

[1] Zur Kennzeichnung eines Isotops wird sein Atomgewicht als oberer Index am chemischen Formelzeichen geschrieben. Da z. B. Sauerstoff die Isotope 16, 17, 18 hat, können theoretisch für LiO folgende Verbindungen auftreten: Li^6O^{16}, Li^6O^{17}, Li^6O^{18}, Li^7O^{16} usw. Entsprechend ergeben sich für Wasser H_2O verschiedene Möglichkeiten: $H^1_2O^{16}$ (oder auch $H^1H^1O^{16}$ geschrieben), $H^1_2O^{17}$ ($H^1H^1O^{17}$) usw.

[1] W. F. GIAUQUE u. H. W. JOHNSTON: Nature **123**, 318, 831 (1929).

äußerst gering ist, so ist auch das Verbindungsgewicht O nur wenig von dem Atomgewicht O^{16} verschieden; man hat sich daher geeinigt, das Verbindungsgewicht O = 16,0000 als Bezugsnormale anzunehmen. Mit anderen Worten, in der Praxis wird Sauerstoff der Einfachheit halber als Reinelement angesehen.

Es liegt vielleicht die Frage nahe, ob die Anzahl der bei einem Element auftretenden Isotope als Eigenschaft der Elemente im periodischen System sich so systematisch wiederholt, wie es z. B. für Atomvolumen, Valenz, Dehnbarkeit, elektrische und thermische Leitfähigkeit der Fall ist. Die Erfahrung hat bisher gezeigt, daß eine ähnliche Periodizität für die Isotopie nicht besteht. Es hat jedoch nicht an Versuchen gefehlt, andere Gesetzmäßigkeiten für das Auftreten von Isotopen aufzustellen. Da aber die Auffindung von Isotopen stark von der Empfindlichkeit der Nachweismethoden abhängt, so kann man vorerst nicht

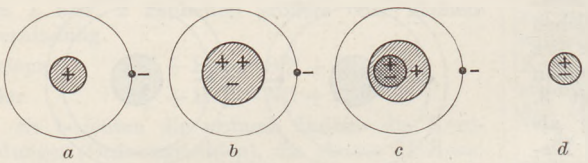

Fig. 2. Schematische Darstellung der Wasserstoffisotope und des Neutrons. *a* H^1; *b* und *c* H^2; *d* Neutron.

mit Sicherheit behaupten, man hätte alle Isotope eines bestimmten Elements gefunden; man kann daher nicht sicher über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit einer Isotopentheorie entscheiden.

Aus einer Tabelle der bisher entdeckten Isotope entnimmt man, daß z. B. bei einer Reihe von Elementen, wie Wasserstoff (1), Helium (2), Fluor (9), Natrium (11), Aluminium (13), Kobalt (27) usw. keine Isotope gefunden wurden. Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die betreffenden Ordnungszahlen. Bei den Elementen Lithium (3), Bor (5), Kalium (19) u. a. wurden bisher maximal zwei Isotope festgestellt. Da nun diejenigen Elemente, die entweder kein Isotop oder höchstens zwei Isotope besaßen, zum größten Teil zu einer ungeraden Ordnungszahl gehörten, wurde die Gesetzmäßigkeit aufgestellt, daß Elemente mit ungerader Ordnungszahl im Höchstfalle zwei Isotope besitzen. Mit Hilfe einer bandenspektroskopischen Methode, deren Ergebnis zuerst von den Amerikanern angezweifelt, aber dann bestätigt wurde, gelang es HETTNER und BÖHME[1] beim Chlor (Ordnungszahl 17) außer den beiden bekannten Isotopen Cl^{35} und Cl^{37} ein drittes Isotop mit der Kernmasse 39 (Cl^{39}) festzustellen und damit die eben erwähnte Gesetzmäßigkeit zu durchbrechen.

Regeln über Isotopenhäufigkeit hat z. B. HARKINS (1921) aufgestellt; ferner wurden von BECK[2] eingehende Untersuchungen über die Systematik von Isotopen ausgeführt, ebenso später von JOHNSTON[1] und CARELLI[2].

Die Wasserstoffisotope H^1 und H^2.

Die Entdeckung des Wasserstoffisotops mit der Kernmasse 2 durch UREY, BRICKWEDDE und MURPHY[3] im Jahre 1932 hat eine große Anzahl verschiedenster Untersuchungen zur Folge gehabt, wie nachher gezeigt werden soll. In Fig. 2 *a* bis *c* ist das Modell von H^1 und H^2 schematisch dargestellt. Fig. 2 *d* stellt das Neutron dar.

Da das H^2-Isotop von großer Bedeutung für die Isotopie- und Kernforschung ist, so hat man ihm einen besonderen Namen zugelegt. Man nennt den Wasserstoff H^2 jetzt „Deuterium" und hat ihm auch ein eigenes chemisches Symbol (D) beigelegt, was aber wohl noch nicht allgemein eingeführt worden ist; es würde also ND_3 oder D_2O Ammoniak bzw. Wasser bedeuten, bei denen der gewöhnliche Wasserstoff durch das Deuterium ersetzt worden ist; doch ist statt dessen die Bezeichnung NH_3^2 bzw. $NH^2H^2H^2$ oder H_2^2O bzw. H^2H^2O wohl vorzuziehen. Den Kern des Deuteriums (in Fig. 2 schraffiert gezeichnet) nennt man kurz „Deuton", in Anlehnung an die Bezeichnung „Proton" für den H^1-Kern. Die Frage, wie der H^2-Kern, also das Deuton, beschaffen sei, ist noch nicht hinreichend geklärt. Wie man aus Fig. 2 *b* und *c* ersieht, kann man sich das Deuton zusammengesetzt denken entweder aus zwei Protonen und einem Elektron oder aus einem Neutron und einem Proton. Über die Eigenschaften und die Bedeutung des Neutrons, des Elements mit der Ordnungszahl Null, hat kürzlich LAMLA[4] berichtet.

Wie war denn nun die Entdeckung des H^2-Isotops möglich? Da bisher in den gewiß sehr empfindlichen spektroskopischen Nachweismethoden keinerlei Andeutung von H^2 bemerkt worden war, so konnte der gewöhnliche Wasserstoff nur mit einer ganz geringen Menge H^2 vermischt sein. Wie man jetzt weiß, beträgt im gewöhnlichen Wasserstoff das Mengenverhältnis $H^1 : H^2 = 4000 : 1$. Es wurde daher versucht, den Wasserstoff mit H^2 anzureichern. Das klingt natürlich sehr einfach, aber die experimentellen Schwierigkeiten sind in Wirklichkeit recht groß gewesen. Bei den Anreicherungsverfahren kam es darauf an, einerseits zu einem möglichst hohen Prozentsatz der Anreicherung zu gelangen, andererseits aber auch eine möglichst große Menge des angereicherten Stoffes zu gewinnen.

Der Gedanke, angereicherte Isotopengemische bzw. absolute Isotopentrennung herzustellen, tauchte bereits gleich nach der Entdeckung der Isotopie auf; jedoch hatten die diesbezüglichen Verfahren keinerlei Erfolg, da die Ausbeute zu

[1] G. HETTNER u. J. BÖHME: Zeitschr. Physik **72**, 95 (1931).

[2] G. BECK: Zeitschr. Physik **47**, 407; **50**, 548 (1928); **61**, 615 (1930).

[1] H. L. JOHNSTON: Journ. Amer. chem. Soc. **53**, 2866 (1931).

[2] A. CARELLI: Zeitschr. Physik **75**, 111 (1932).

[3] H. C. UREY, F. G. BRICKWEDDE u. G. M. MURPHY: Physical Rev. (2), **39**, 164 (1932).

[4] E. LAMLA: Diese Zeitschr. **47**, 129 (1934).

gering war. Es sei u. a. an die Diffusionsversuche von HARKINS und BROEKER (1920) erinnert; diese Forscher gewannen aus 20000 Litern HCl 10 g Chlor, das gegenüber dem Verbindungsgewicht des gewöhnlichen Chlors einen Unterschied von 0,0055 Einheiten aufwies. Ebenso hatten die Verdampfungsversuche von BRÖNSTED und HEVESY (1921) recht geringen Erfolg.

Erst im Jahre 1932 gelang es G. HERTZ[1], eine rationell arbeitende Diffusionsmethode anzugeben, die kurz besprochen werden soll. HERTZ ging von folgender Überlegung aus: Die Diffusions-Pumpen in Tätigkeit gesetzt. Betrachten wir den als 3. Trennungsglied bezeichneten Teil. Die Pumpe P_3 saugt das bei C befindliche Gas an, P_4 das bei B befindliche, entsprechend die übrigen Pumpen. Das Gas beginnt also zu strömen. Der bei A von unten kommende Anteil strömt durch das Tonrohr R. Hier diffundiert, entsprechend seiner größeren Diffusionsgeschwindigkeit, ein kleiner Teil des leichteren Isotops durch die Rohrwandungen und wird bei B von P_4 angesaugt, um im 4. Trennungsglied ähnlich behandelt zu werden, bis er schließlich in den Behälter V_l

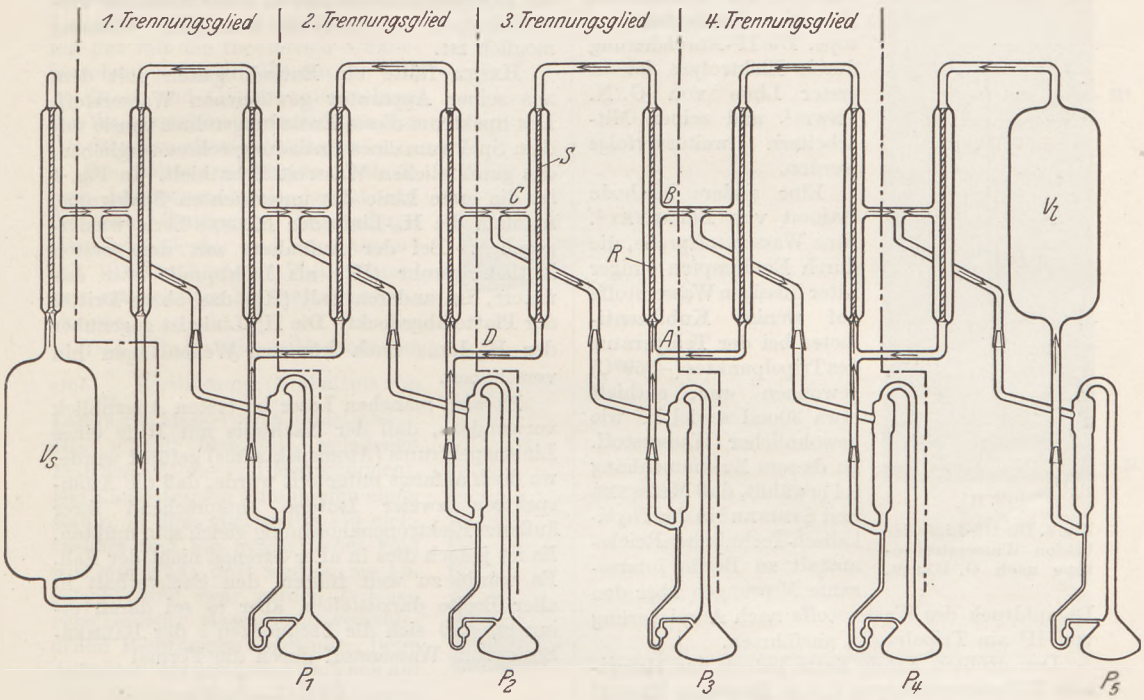

Fig. 3. Apparatur zur Trennung von Isotopen durch Diffusion nach G. HERTZ.

geschwindigkeiten für verschiedene Gase verhalten sich umgekehrt wie die Wurzeln aus den Molekulargewichten. Für ein Isotopengemisch ruft ein einmaliger Diffusionsvorgang nur eine kleine Änderung des Konzentrationsverhältnisses hervor. Es war also nicht nur nötig, die Zahl der Diffusionsvorgänge möglichst groß zu machen, sondern auch ihre Wirkungen additiv zu gestalten.

Bei dem HERTZschen Verfahren diffundiert das zu trennende gasförmige Isotopengemisch durch poröse Wände (Tonrohre) ins Vakuum, das durch Quecksilberdampfstrahlpumpen aufrechterhalten wird. Je zwei aufeinander folgende Tonrohre nennt man ein Trennungsglied. An Fig. 3 sei der Vorgang erläutert.

P_1 bis P_5 bedeuten Pumpen; die mit R bezeichneten Teile der Apparatur sind poröse Tonrohre, die in Glasröhren eingeschmelzt sind. Die ganze Apparatur wird zunächst mit dem zu trennenden Isotopengemisch gefüllt; dann werden die

[1] G. HERTZ: Naturwiss. **20**, 493 (1932); Zeitschrift Physik **79**, 108 (1932).

gelangt. Der nun schon etwas schwerere Anteil gelangt aus dem Rohr R in das Rohr S; wiederum diffundiert etwas von dem leichteren Anteil durch die Wandung von S und wird bei C in die Pumpe P_3 gerissen, wo sich der eben beschriebene Vorgang wiederholt. Der schwerere Anteil strömt durch D ins 2. Trennungsglied, um schließlich schon merklich angereichert nach V_s zu gelangen. Es bildet sich ein Gleichgewichtszustand aus; das schwerere Isotop wird in dem Behälter V_s, das leichtere in V_l gesammelt.

Die ersten Versuche von HERTZ, die später von seinem Schüler HARMSEN[1] fortgesetzt und erweitert worden sind, wurden mit Neon gemacht. Die von HERTZ benutzte Apparatur bestand aus 24 solchen Trennungsgliedern.

Zur Anreicherung des gewöhnlichen Wasserstoffs mit dem schwereren Isotop lieferten wohl WASHBURN und UREY[2] den ersten Beitrag. Sie

[1] H. HARMSEN: Zeitschr. Physik **82**, 589 (1933).

[2] E. W. WASHBURN and H. C. UREY: Proc. Nat. Acad. Amer. **18**, 496 (1932).

elektrolysierten längere Zeit gewöhnliches Wasser und fanden, daß nach Beendigung der Elektrolyse der Rückstand ein größeres spezifisches Gewicht hatte als anfangs gemessen wurde. Es stellte sich heraus, daß der Rückstand aus Wasser bestand, das mit dem schwereren Isotop angereichert war, also außer den H^1H^1O-Molekülen viele H^2H^2O- und H^1H^2O-Moleküle aufwies. Das so erhaltene Wasser wurde „schweres Wasser" genannt. Wir kommen an anderer Stelle noch einmal darauf zurück. Die Methode beruht auf dem Vorhandensein eines kleinen Unterschiedes im elektrischen Potential der beiden Isotope. Die H^2-Anreicherung durch Elektrolyse ist in erster Linie von G. N. LEWIS[1] und seinen Mitarbeitern weiterverfolgt worden.

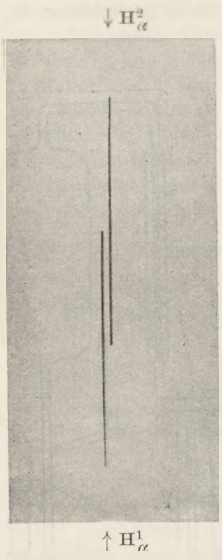

Fig. 4. Die $H\alpha$-Linie der beiden Wasserstoffisotope nach G. HERTZ.

Eine andere Methode stammt von BLEAKNEY[2]. Eine Wasserstoffprobe, die durch Eindampfen einiger Liter flüssigen Wasserstoffs auf wenige Kubikzentimeter bei der Temperatur des Tripelpunktes (−259°C) gewonnen war, enthielt etwa 30mal soviel H^2 wie gewöhnlicher Wasserstoff. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß MEISSNER und STEINER[3] in der Physikalisch-TechnischenReichsanstalt zu Berlin interessante Messungen über den Dampfdruck des Wasserstoffs nach Anreicherung von H^2 am Tripelpunkt ausführten.

Den größten Erfolg hatte jedoch das HERTZsche Diffusionsverfahren (l. c.). Es gelang HERTZ[4] und seinen Mitarbeitern HARMSEN und SCHÜTZE, die beiden Wasserstoffisotope in weitestem Maße zu trennen. Die oben erwähnte Apparatur war zu diesem Zweck auf 48 Trennungsglieder vergrößert worden. Zuvor wurde, um die Brauchbarkeit dieser Apparatur zu prüfen, noch einmal die Trennung der Neonisotope vorgenommen. Das Neonisotop 22 wurde so rein erhalten, daß im Spektrum auch nicht die geringste Spur des Isotops 20 gefunden werden konnte.

Als Ausgangsmaterial benutzte HERTZ ein Wasser mit etwa 1 Promille H^2, das durch Magnesiumdampf zersetzt und dann in die Diffusionsapparatur geleitet wurde. Wie HERTZ mitteilt, enthält der so hergestellte Wasserstoff zunächst nur die Moleküle H^1_2 und H^1H^2 und sehr wenige H^2_2-Moleküle. Es wurde daher an einer geeigneten Stelle der Apparatur ein Entladungsrohr angebracht, damit durch die Entladung die dort befindlichen H^1H^2-Moleküle entsprechend den an dieser Stelle herrschenden Konzentrationen zum Teil in H^1_2 und H^2_2 umgesetzt wurden. Man erhielt dann H^2_2 in großer Reinheit.

Die Kenntnis der Verfahren zur Herstellung von schwerem Wasserstoff führt naturgemäß zu der besonders wichtigen Frage, wie der eindeutige Nachweis für das Vorhandensein von H^2 erfolgt. Es sei noch einmal wiederholt, daß ein Isotopennachweis nur in einer durch die Verschiedenheit der Massen bedingten Wirkung möglich ist.

HERTZ füllte ein Entladungsrohr mit dem aus seiner Apparatur gewonnenen Wasserstoff. Das Spektrum dieses Entladungsrohres wurde mit dem Spektrum eines Entladungsrohres verglichen, das gewöhnlichen Wasserstoff enthielt. In Fig. 4 ist die erste Linie des untersuchten Spektrums, nämlich die H_α-Linie der BALMER-Serie wiedergegeben. Bei der Aufnahme mit dem ersten Entladungsrohr (H^2_2) als Lichtquelle war das untere, im anderen Fall (H^1_2) das obere Drittel der Platte abgedeckt. Die H^2_α-Linie ist gegenüber der H^1_α-Linie nach kürzeren Wellenlängen hin verschoben.

Es wird manchen Leser im ersten Augenblick verwundern, daß der Nachweis mit Hilfe eines Linienspektrums (Atomspektrums) geführt wurde, wo doch anfangs mitgeteilt wurde, daß die Atomspektren zweier Isotope entsprechend ihrer äußeren Elektronenanordnung gleich sein müßten. Es ist jedoch dies in aller Strenge nicht der Fall. Es würde zu weit führen, den Sachverhalt in aller Breite darzustellen, aber es sei daran erinnert, daß sich die Frequenzen ν der BALMER-Serie vom Wasserstoff durch die Formel

$$\nu = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

ausdrücken lassen. Hierbei bedeuten R die RYDBERGsche Zahl und m die ganzen Zahlen 3, 4, 5 .... Für die BALMER-Serie des schweren Wasserstoffs gilt eine ähnliche Formel, in der allerdings R einen anderen Wert wie vorher hat; denn R ist von der Kernmasse abhängig, und zwar wird R mit größerer Kernmasse ebenfalls größer, wodurch die beobachtete Violettverschiebung von H^2_α gegenüber H^1_α erklärt wird.

Der Nachweis von H^2 mit Hilfe der Bandenspektren ist mehrfach geführt worden. Der Träger des Bandenspektrums ist das Molekül, oder mit anderen Worten, ein Bandenspektrum entsteht durch die Schwingungen und Rotationen des betreffenden Moleküls; jede Veränderung der Masse des Moleküls bedingt also eine Veränderung in der Struktur des Bandenspektrums. Dies äußert sich darin, daß beim Vorhandensein von zwei Isotopen die Linien des Bandenspektrums nicht mehr einfach, sondern doppelt, beim Vorhandensein von drei Isotopen dreifach auftreten usw. Über den Isotopennachweis in ultraroten Bandenspektren (Rotationsschwingungsspektren)

[1] G. N. LEWIS: Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 1297 (1933).
[2] W. BLEAKNEY: Physical Rev. **39**, 536; **40**, 496; **41**, 32 (1932).
[3] W. MEISSNER u. W. STEINER: Zeitschr. Physik **79**, 601 (1932).
[4] G. HERTZ: Naturwiss. **21**, 884 (1933).

berichtete auch kürzlich an dieser Stelle MATOSSI[1]. Die Amerikaner HARDY, BARKER und DENNISON[2] stellten bereits 1932 im Rotationsschwingungsspektrum von HCl bei sehr großen absorbierenden Schichtdicken Linien fest, die dem H^2Cl^{35} und H^2Cl^{37} zuzuordnen sind. In der letzten Zeit wurden die ultraroten Bandenspektren von NH_3^2 und einigen anderen Gasen gemessen, in denen H^1 durch H^2 ersetzt worden war; so z. B. wurde von RANDALL und BARKER[3] das Rotationsschwingungsspektrum von Acetylen, das aus schwerem Wasser gewonnen war, aufgenommen. Die gemessenen Linien von $C_2H_2^2$ und CH^1H^2 stimmten gut mit den theoretisch vorausberechneten Linien überein.

SHAW und GIBBS[4] untersuchten den Wasserstoffisotopeneffekt an den OH-Banden, ebenso JOHNSTON[5] u. a.

Die weitaus wichtigste Methode zum Isotopennachweis beruht auf der von THOMPSON begründeten (Parabelmethode) und von ASTON[6] seit 1919 zu höchster Vollkommenheit entwickelten Massenspektroskopie.

Das Prinzip dieser Methode ist eine $\frac{e}{m}$-Bestimmung (Verhältnis von Ladung zu Masse) von Kanalstrahlen, also schnell bewegten, geladenen Teilchen (Atom- und Molekülionen). Die Kanalstrahlen durchlaufen einen Raum, in dem gleichzeitig ein elektrisches und ein magnetisches Feld wirksam sind; dort werden sie abgelenkt, und zwar werden Teilchen verschiedener Masse nach verschiedenen Richtungen abgelenkt. Beim Auftreten der geladenen Teilchen auf eine photographische Platte werden auf ihr an den betreffenden Stellen Schwärzungen hervorgerufen, die den einzelnen Atomarten entsprechen. Derartige Apparaturen nennt man Massenspektrographen. In jüngster Zeit wurde von LUKANOW und SCHÜTZE[7] in Berlin ein Massenspektrograph nach der THOMSONschen Parabelmethode gebaut, mit dem sich eine große Linienschärfe erreichen ließ. Mit dieser Apparatur führten LUKANOW und SCHÜTZE den massenspektroskopischen Nachweis von H^2. Fig. 5 und 6 zeigen die Massenspektrogramme für gewöhnlichen und mit H^2 angereichertem Wasserstoff.

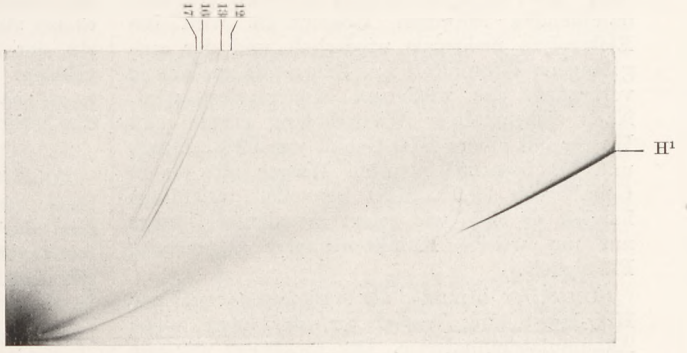

Fig. 5.

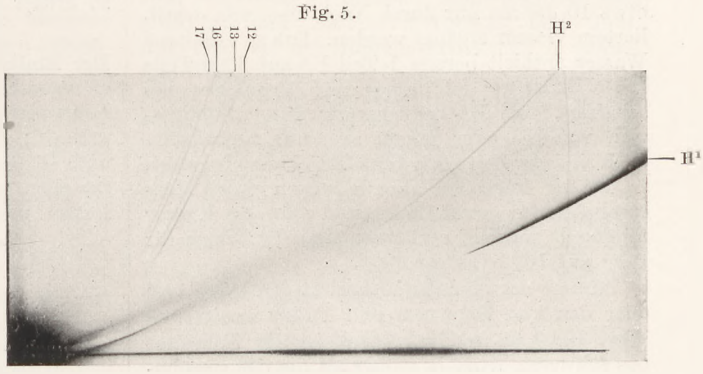

Fig. 6.

Fig. 5 und 6. Massenspektrogramme von H^1 und H^2 nach LUKANOW und SCHÜTZE.

Bevor wir auf die Anwendungsmöglichkeiten des neu gewonnenen Wasserstoffs eingehen, sei noch bemerkt, daß das Atomgewicht von H^2, bezogen auf Helium, zu 2,01361 festgestellt wurde. Der Kernspin hat den Wert 1 (für H^1 ist der Kernspin gleich $^1/_2$). Eine einfache Methode zur Bestimmung von Spin und Statistik des Deutons hat SEXL[1] ermittelt.

Schweres Wasser.

Die wichtigste Verbindung des schweren Wasserstoffs ist das Wasser, das aus H^2H^2O-Molekülen besteht. Neben diesen Molekülen treten auch H^1H^2O-Moleküle auf. Bei der großen Nachfrage nach schwerem Wasser für Forschungszwecke versuchte man eine mit möglichst großem Nutzeffekt arbeitende Apparatur zu bauen, die dieses Wasser liefern könnte. Wie schon oben erwähnt wurde, enthält der bei der Elektrolyse entweichende Wasserstoff zum größten Teil H_2^1-Moleküle, wodurch der Rückstand nach einiger Zeit mit H_2^2O- und H^1H^2O-Molekülen angereichert wird. Die bisher angegebenen Verfahren sind jedoch für eine große Produktion nicht brauchbar, da die Betriebskosten noch viel zu hoch sind.

Von TAYLOR, EYRING und FROST[2] wird

[1] F. MATOSSI: Diese Zeitschr. **47**, 18 (1934).

[2] J. D. HARDY, E. F. BARKER and D. M. DENNISON: Physical Rev. **42**, 279 (1932).

[3] H. M. RANDALL and E. F. BARKER: Physical Rev. **45**, 124 (1934).

[4] R. W. SHAW and R. C. GIBBS: Physical Rev. **45**, 124 (1934).

[5] H. L. JOHNSTON: Physical Rev. **45**, 79 (1934).

[6] F. A. ASTON: Isotope, 1. Aufl.; deutsch von E. NORST-RUBINOWICZ. Leipzig 1923.

[7] H. LUKANOW u. W. SCHÜTZE: Zeitschr. Physik **82**, 610 (1933).

[1] TH. SEXL: Naturwiss. **22**, 205 (1934).

[2] H. S. TAYLOR, H. EYRING and A. A. FROST: Journ. chem. Phys. **1**, 823 (1933).

folgende Methode mitgeteilt. Eine gewöhnliche Elektrolytlösung wird zur Entfernung der vorhandenen Karbonate und Hydroxyde destilliert, dann mit NaOH versetzt und zwischen Nickelelektroden mit 6 bis 7 Amp. elektrolysiert. In Abständen von 3 Tagen wird dem konzentrierten Elektrolytrest eine neue Lösung zugesetzt, die man durch Kohlendioxyd teilweise neutralisiert und destilliert. Nach dreimaliger Wiederholung erhält man Wasser mit einer Anreicherung von 25%. Zur Wiedergewinnung des zum Teil verdampfenden schweren Wasserstoffs wird die Elektrolyse mehrmals wiederholt und der aufgefangene Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbrannt, das wiederum elektrolysiert wird. Nach siebenmaliger Wiederholung erhält man Wasser mit einem H_2^2O-Gehalt von 99%. LEWIS und MACDONALD[1] konnten Wasser mit einem Gehalt von 99,9% H_2^2O herstellen; allerdings handelt es sich, wie schon angedeutet, immer nur um wenige Kubikzentimeter gewonnener Flüssigkeit.

UHLMANN benutzte als Ausgangsmaterial zur H_2^2O-Herstellung Wasser aus der Säure einer Akkumulatorenbatterie. Der Elektrolyt war seit etwa 10 Jahren nur durch Nachfüllen von destilliertem Wasser ergänzt worden. Das so erhaltene Wasser enthielt bereits 1 Teil H^2 auf 3000 Teile H^1. UHLMANN[2] ist ferner mit Versuchen beschäftigt, eine H^2-Anreicherung durch Sublimation von Eis oder Schnee zustande zu bringen, doch sind zur Zeit noch keine Ergebnisse bekannt.

In der folgenden Tabelle mögen einige Meßergebnisse für gewöhnliches und schweres Wasser mitgeteilt werden, und zwar sind die Werte für H_2^2O auf 100% extrapoliert.

Nimmt man für die Viskosität den Wert 14,2 oder den von SELWOOD und FROST ermittelten Wert 12,60 an, auf jeden Fall ist die Viskosität des schweren Wassers größer als die des gewöhnlichen Wassers. Die Ionen bewegen sich also viel langsamer, d. h. die elektrische Leitfähigkeit muß auch geringer sein; ebenso ist die Salzlöslichkeit um etwa 20% geringer als in gewöhnlichem Wasser.

[1] G. N. LEWIS and R. T. MACDONALD: Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 3057 (1933).

[2] W. UHLMANN: Naturwiss. **22**, 121 (1934).

Über die verschiedenen Eigenschaften des schweren Wassers sind zahlreiche Untersuchungen angestellt worden. So prüften z. B. LEWIS und LUTEN[1] die Gültigkeit additiver Gesetze bezüglich Dichte und Brechungszahl als Funktion der Temperatur für Mischungen von $H_2^2O^{16}$ und $H_2^1O^{16}$. Sie stellten fest, daß die Dichte nicht streng proportional mit der Konzentration geht; vermischt man nämlich 1 Volumen gewöhnliches Wasser mit 1 Volumen schweren Wassers, so ist das resultierende Volumen um 0,05% größer als es bei strenger Proportionalität sein würde. Ist Δs der Dichteunterschied zwischen einer gegebenen Mischung und gewöhnlichem Wasser, so gilt nach LEWIS und LUTEN die Beziehung für die Molfraktion x des H_2^2O:

$$x = 9{,}579\,\Delta s - 1{,}03\,(\Delta s)^2.$$

Die Brechungszahl ist dagegen streng linear mit der Konzentration. Ist Δn die Differenz der Brechungszahlen zwischen einer gegebenen Mischung und gewöhnlichem Wasser, so gilt die Beziehung

$$\Delta n = -0{,}00449\,x.$$

Betrachtet man nun die Molfraktion y des $H^1H^1O^{18}$, so erhält man bei einem O^{18}-Gehalt bis 0,5%:

$$\Delta n = +0{,}0008\,y.$$

Der Einfluß des O^{18} auf die Änderung der Brechungszahl ist also umgekehrt wie der des H^2. Es ist also möglich, durch Bestimmung der Dichte und der Brechungszahl eines Wassers den H^2- und O^{18}-Gehalt des betreffenden Wassers festzustellen unter Verwendung der beiden von LEWIS und LUTEN aufgestellten Gleichungen:

$$x = 1{,}370\,\Delta s - 190{,}5\,\Delta n,$$
$$y = 7{,}693\,\Delta s + 180{,}9\,\Delta n.$$

Der Einfluß des O^{17} konnte nicht beobachtet werden, da die Anreicherung des Wassers mit O^{17} noch zu gering war.

Die lineare Abhängigkeit der Temperatur des Erstarrungspunktes von der Dichte bei Gemischen aus gewöhnlichem Wasser und Isotopenwasser ist nur bis etwa 20% H_2^2O-Gehalt erfüllt[2].

[1] G. N. LEWIS and D. B. LUTEN: Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 5061 (1933).

[2] V. K. LA MER, W. C. EICHELBERGER and H. C. UREY: Journ Amer. chem. Soc. **56**, 248 (1934).

Tabelle.

	Molekulargewicht	Dichte d_{20}^{4} [1]	Maximale Dichte bei °C	Viskosität bei 20° C in Millipoise	Oberfl.-Spannung in Dyn/cm²	Gefrierpunkt in °C	Siedepunkt in °C	Dielektrizitätskonstante	Brechungszahl bei 20° C für n_D	Brechungszahl bei 20° C für $n_{r'}$	Molrefraktion (D-Linie)
Gew. Wasser H^1H^1O	18,016	0,9982	4	10,87	72,75	0	100	81	1,3329	1,3309	3,711
Schw. Wasser H^2H^2O	20,032	1,1056	11,6	14,2 [2]	67,8	+ 3,8	101,42	80,2	1,3281	1,3265	3,677

[1] Dichte d_{20}^{4} bedeutet: Dichte bei 20° C, bezogen auf die Dichte bei 4° C.

[2] Dieser Wert wurde von P. W. SELWOOD und A. A. FROST [Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 4335 (1933)] gemessen, während LEWIS und MACDONALD (ebenda, S. 4730) für 20° C den Wert 12,60 erhalten. Diese Unstimmigkeit ist noch nicht geklärt worden.

Bei Gemischen mit größerem H_2^2O-Gehalt bleibt diese strenge Proportionalität nicht mehr erhalten.

Vorstehende Ergebnisse stellen nur einen kleinen Ausschnitt aus zahlreichen Arbeiten dar, die bezüglich der Genauigkeit und einiger theoretischer Überlegungen in einiger Zeit wahrscheinlich überholt sein werden. Im übrigen sind noch viele Fragen über einzelne Eigenschaften und Anwendungen des schweren Wassers zu klären.

Über die physiologischen Wirkungen des schweren Wassers sind die Meinungen und Ergebnisse der einzelnen Forscher recht verschieden und zum Teil einander widersprechend. LEWIS[1] z. B. glaubt, aus Versuchen an Keimprozessen von Tabaksamenkörnern schließen zu können, daß schweres Wasser den Keimvorgang überhaupt verhindert, während andere amerikanische Forscher finden[2], daß eine gewisse Algenart (spirogyra) in Isotopenwasser zwar keinerlei Bewegung, keinen Zerfall oder Zellteilung aufweist, jedoch viel langlebiger als in anderen Wasserarten ist. Auch über die Lebensfähigkeit von Kaulquappen und kleinen Fischen in Wasser mit größerem H_2^2O-Gehalt sind verschiedentlich Versuche angestellt worden, deren Ergebnisse keineswegs übereinstimmen. Auf biologischem Gebiet liegen augenscheinlich viele Probleme vor, die noch zu lösen sind.

Nachdem die Reindarstellung des schweren Wasserstoffs gelungen war, lag es nahe, außer dem Wasser auch noch andere chemische Verbindungen herzustellen und sie auf ihre physikalischen Eigenschaften hin zu untersuchen. Aber nicht nur der Physiker, sondern auch der Chemiker war jetzt an dem neu gewonnenen schweren Wasserstoff interessiert, da unter Umständen die Möglichkeit bestand, mit Hilfe der sog. Austauschreaktionen gewisse chemische Strukturformeln zu prüfen. Unter Austauschreaktion ist das Ersetzen von H^1-Atomen durch H^2-Atome zu verstehen. Doch muß man erst genau untersuchen, ob wirklich alle Wasserstoffatome einer Verbindung an diesem Vorgang beteiligt sind. So hat man z. B. festgestellt, daß bei der Reaktion zwischen Essigsäure CH_3COOH und schwerem Wasser kein Austausch der Wasserstoffatome in der CH_3-Gruppe stattfindet, während der Austausch in der Hydroxylgruppe tatsächlich vor sich geht.

In Deutschland sind es in erster Linie BONHOEFFER und seine Mitarbeiter, die sich mit diesen Austauschproblemen beschäftigen. Man wird zunächst bestrebt sein müssen, an Stoffen mit einwandfrei bekannter Strukturformel die Austauschreaktionen zu studieren, um mit den gemachten Erfahrungen die Analyse bisher unbekannter Strukturformeln von organischen Verbindungen zu ermöglichen. Es werden sich durch diese Untersuchungen noch viele interessante Ergebnisse erzielen lassen.

Zur Zeit sind verschiedene Versuche im Gange, um den Austausch von schweren Wasserstoffatomen zwischen Wasser und molekularem Wasserstoff eingehend zu prüfen[1]. Schließlich sei noch erwähnt, daß MOELWYN-HUGHES und BONHOEFFER[2] bei der Rohrzuckerspaltung in schwerem Wasser (90% H_2^2O) feststellten, daß die durch H_2SO_4 bewirkte Katalyse in schwerem Wasser bedeutend schneller vor sich geht als in gewöhnlichem Wasser. Der Reaktionsverlauf und die Geschwindigkeit sind annähernd proportional der H-Ionenkonzentration.

Während der Niederschrift dieses Berichtes erschien ein zusammenfassender Bericht von FRERICHS[3], auf den auch an dieser Stelle der interessierte Leser hingewiesen sei.

[1] G. N. LEWIS: Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 3503 (1933).

[2] T. C. BARNES and E. J. LARSON: Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 4332 (1933).

[1] K. F. BONHOEFFER u. K. W. RUMMEL: Naturwiss. **22**, 45 (1934). M. L. OLIPHANT, Nature **132**, 756 (1933). J. HORIUTI and M. POLANY: Nature **132**, 819, 931 (1933).

[2] E. A. MOELWYN-HUGHES u. K. F. BONHOEFFER: Naturwiss. **22**, 174 (1934).

[3] R. FRERICHS: Naturwiss. **22**, 113 (1934).

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Persönliche Erinnerungen an W. C. Röntgen und über die Entwicklung der Röntgenröhren.

Unter dieser Überschrift veröffentlicht Prof. L. ZEHNDER in Basel in den Helv. phys. Acta **6**, 608—632, eine Reihe von Erinnerungen und auch einige Briefe, die für den Röntgenbiographen von größtem Wert sind, darüber hinaus aber auch allgemeines Interesse beanspruchen, weil sie bezeichnende Züge des Menschen RÖNTGEN aufdecken. Der Lebensweg beider Männer begann ähnlich. RÖNTGEN wie ZEHNDER haben zunächst, ohne die Matura zu besitzen, das Diplom des Maschineningenieurs am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich erlangt und sind erst später zur Physik gekommen. Beide haben in Zürich studiert (auch beider Frauen stammten aus Zürich); so ergaben sich allerlei Anknüpfungspunkte, als sie sich mit ihren Familien während der Ferien in Pontresina kennen lernten, und daraus entwickelte sich später eine Freundschaft. Als ZEHNDER — ohne Reifezeugnis — in Berlin promovieren wollte und dort abgewiesen wurde, ermöglichte ihm RÖNTGEN 1887 die Promotion in Gießen. Bald darauf wurde ZEHNDER RÖNTGENs Assistent, erst in Gießen, später in Würzburg. 1890 habilitierte sich ZEHNDER in Basel; er war dann noch einmal 1898—1904 RÖNTGENs Assistent in Würzburg und München. ZEHNDER war also zweifellos besonders gut in der Lage, RÖNTGEN und seine Arbeitsweise näher kennen zu lernen. RÖNTGEN war überaus sorgfältig in der Arbeit und bei der Publikation. Als ZEHNDER einmal eine Entgegnung auf eine fehlerhafte Arbeit eines anderen Autors über „Deformationsströme" ver-

faßt hatte, saß RÖNTGEN stundenlang darüber, um die besten und treffendsten Ausdrücke zu finden. Dreimal wurde ein neuer Entwurf angefertigt, ehe es zur Publikation kam. Im übrigen war RÖNTGEN sehr zurückhaltend. Er hatte wenig Freunde, ganz besonders wenige unter den Physikern. Über eigene physikalische Arbeiten sprach er sehr selten. Während der Gießener Zeit ließ er ZEHNDER einmal in sein Privatlaboratorium kommen; er sollte ihm einige Fernrohrablesungen machen, jedesmal, wenn RÖNTGEN etwas getan habe, wovon ZEHNDER aber nichts wissen dürfe. Erst nach der Publikation der Arbeit ersah ZEHNDER aus dem Separatabdruck, daß es sich um die Entdeckung des später (von H. A. LORENTZ) sog. „Röntgenstroms" handelte. Einmal experimentierte ZEHNDER im Anschluß an optische Versuche mit einer Geißlerröhre (Hittorfröhre), die eine Hohlkathode und, ihr gegenüber, ein größeres Platinblech besaß. Er untersuchte das Aufleuchten eines Fluoreszenzschirms. Bei einem Versuch deckte er die Röhre mit einem schwarzen Tuch völlig zu; trotzdem leuchtete der Schirm hell auf. Während er noch prüfte, ob etwa Licht, das von der Röhre nach unten ging und an der Tischplatte oder an Metallteilchen reflektiert war, an den Schirm gelangen konnte, erlosch die Erscheinung plötzlich: das Platinblech war geschmolzen, die Röhre durchgebrannt. ZEHNDER war höchst bestürzt — RÖNTGEN behandelte seine Apparate überaus sorgfältig und vermied unbedingt jede Überlastung —; er entschuldigte sich bei RÖNTGEN und bot ihm an, eine neue Röhre zu kaufen. RÖNTGEN lehnte das ab, er machte ihm auch keinerlei Vorwürfe, aber er fragte auch seinen Assistenten mit keinem Wort, wie es zum Durchbrennen der Röhre gekommen war, was er gemacht hatte od. dgl., und ZEHNDER sagte ihm von sich aus auch nichts darüber. Vielleicht hat ZEHNDER damals schon Röntgenstrahlen beobachtet; weitere Nachforschungen unterblieben aber, weil ZEHNDER sich vor RÖNTGEN wegen der durchgebrannten Röhre schämte, und weil RÖNTGEN von der Beobachtung nichts erfuhr.

Zur Zeit der Entdeckung der Röntgenstrahlen war ZEHNDER an der Universität Freiburg i. B. Er stand aber mit RÖNTGEN in lebhaftem Briefwechsel, erhielt z. B. von ihm zu einem Vortrag über die neuen Strahlen allerlei Skizzen, einige Photographien u. dgl. Bei solcher Gelegenheit schrieb ihm RÖNTGEN Anfang 1896: „Welcher Natur die Strahlen sind, ist mir ganz unklar; und ob es wirklich longitudinale Lichtstrahlen sind, kommt für mich erst in zweiter Linie in Betracht. Die Tatsachen sind die Hauptsache. ... Ich hatte von meiner Arbeit niemandem etwas gesagt, meiner Frau teilte ich nur mit, daß ich etwas mache, von dem die Leute, wenn sie es erfahren, sagen würden: Der RÖNTGEN ist wohl verrückt geworden. Am 1. Januar verschickte ich die Separatabzüge, und nun ging der Teufel los ....."

In der Folge waren ZEHNDER und RÖNTGEN noch oft zusammen; wie schon erwähnt, war ZEHNDER 1898—1904 wieder RÖNTGENs Assistent, und er hat wesentlich an der Vervollkommnung der Röhre mitgearbeitet. Kurz vor seinem Tode fragte RÖNTGEN, der alle Briefe, die er erhalten, sorgfältig aufgehoben und geordnet hatte, ob ZEHNDER seine Briefe wieder haben wollte; sonst werde er sie vernichten. ZEHNDER bejahte, und er erhielt nach RÖNTGENs Tod ein Paket Briefe zurück. Bei späterer Durchsicht fand er aber, daß viele Briefe aus der Zeit von 1895 bis etwa 1901 fehlten, und er erfuhr nun auf Nachfrage, daß RÖNTGEN angeordnet hatte, alle Papiere und Briefe aus der Zeit der Entdeckung der Röntgenstrahlen „ungelesen zu verbrennen"; das war durch die Testamentsvollstrecker, zu ihrem eigenen Leidwesen, geschehen. Niemand weiß, was RÖNTGEN zu dieser merkwürdigen und für den Historiker der Physik so bedauerlichen Anordnung veranlaßt hat.

Es ist verständlich, daß RÖNTGENs Art später allerlei Legendenbildungen Vorschub geleistet hat; insbesondere ist versucht worden, sein Verdienst um die Entdeckung der nach ihm benannten Strahlen zu schmälern. Sein Assistent sollte sie gefunden haben; es wurde sogar behauptet, daß der Institutsdiener sie eigentlich entdeckt habe [vgl. die Besprechung des Röntgenbuches von OTTO GLASSER und MARGRET BOVERI in dieser Zeitschr. **46**, 45 (1933)]. ZEHNDER tritt allen solchen Legenden auf das schärfste entgegen. Insbesondere lehnt er auch jede eigene Mitwirkung an der Entdeckung ab. Nach seiner Meinung hat sich die Entdeckung folgendermaßen abgespielt. Im Zusammenhang mit der Nachprüfung der LENARDschen Versuche, Kathodenstrahlen durch dünne Metallfolien aus der Röhre austreten zu lassen, hat RÖNTGEN die verschiedensten Experimente angestellt, um das Verhalten der Kathodenstrahlen gegenüber Glas und Metallen zu prüfen. Bei Betrieb einer mit einem Tuch abgedeckten Röhre hat RÖNTGEN das Aufleuchten des Schirmes beobachtet (ähnlich wie ZEHNDER selbst schon früher). Ob hierbei der Institutsdiener im Zimmer war und das Aufleuchten noch vor RÖNTGEN gesehen hat, ist belanglos; wesentlich ist aber, daß RÖNTGEN infolge seiner sehr großen Belesenheit sofort die Neuartigkeit der Erscheinung erkannte, und daß er sie nun planmäßig weiter untersuchte. Wie ZEHNDER durch RÖNTGEN mündlich erfahren hat, ist die Entdeckung nicht mit einer Lenardröhre, sondern mit einer Hittorfröhre gemacht worden; zum Betrieb diente ein Ruhmkorff mit Deprezunterbrecher. Wahrscheinlich hat auch RÖNTGEN die erste Röhre durchgebrannt, wie einst ZEHNDER vor ihm.

Zweifellos werfen die Mitteilungen ZEHNDERS interessante Lichter auf die eigenartige Persönlichkeit RÖNTGENS. ZEHNDER hat angekündigt, daß er die in seinem Besitz befindlichen 162 Briefe und Briefkarten, die RÖNTGEN an ihn geschrieben hat, veröffentlichen werde. Man darf dem mit Spannung entgegensehen.

E. Lamla.

Technik des Kunsthandwerks im 10. Jahrhundert[1]. Bericht von R. WINDERLICH in Oldenburg i. O.

Im Altertum und Mittelalter waren gediegene naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fertigkeiten vorwiegend in zwei großen Berufsgruppen zu finden: bei den Ärzten und bei den Handwerkern und Kunstgewerblern. Alles, was uns an praktischen Erfahrungen und theoretischen Lehren aus jenen Zeiten überliefert worden ist, geht auf handwerkliche Arbeitsregeln dieser Kreise zurück. Entkleidet man die philosophisch sich gebärdenden Schriften der Alchemisten ihres Wustes krauser Redensarten, die wie eine ewige Krankheit immer wiederkehren, so bleibt an tatsächlichem Inhalt nicht viel mehr übrig als das, was die Ärzte, Handwerker und Kunstgewerbler konnten und wußten. Deshalb ist es richtig, die überkommenen und noch auffindbaren Rezeptbücher gründlich zu durchforschen und mit den Kunstwerken, dem Hausrat und den gewerblichen Gegenständen zu vergleichen, die als Überreste erhalten geblieben sind. Nur auf diese Weise wird es gelingen, ein sachgemäßes Urteil über naturwissenschaftliches Wissen und Können vergangener Zeiten zu gewinnen.

Von einem solchen Rezeptbuch, von der inhaltsreichsten und bedeutendsten Technologie des Mittelalters, von der „Diversarum Artium Schedula" des THEOPHILUS PRESBYTER hat W. THEOBALD den deutschen Lesern eine wahrhaft kritische und buchmäßig mustergültige Ausgabe der Hauptstücke beschert. Dis bisher veröffentlichten Ausgaben beschränkten sich wesentlich auf das Übersetzen des schwierigen Textes; sie waren Philologenarbeiten ohne hinreichende Rücksicht auf den sachlichen, den technischen Inhalt; infolgedessen war bei ihnen vieles ungenau oder gar falsch herausgekommen. Der neue Herausgeber richtete seine Aufmerksamkeit vornehmlich auf den sachlichen Inhalt: die beschriebenen Verfahren, Geräte, Werkzeuge, Maschinen wurden mit Hilfe eines umfangreichen Schrifttums und durch Vergleich mit praktischer Werkarbeit eingehend und gründlich durchgeprüft. In der neuen Ausgabe sind nicht Worte übersetzt, die sich zu mehr oder minder verständlichen Sätzen zusammenfügen, sondern es ist der jeweilige Wortwert aus dem Sinne des Zusammenhanges erschlossen. clavus heißt gewöhnlich „der Nagel", die Kapitelüberschrift „De clavis" (LXXV des dritten Buches) überträgt THEOBALD jedoch sinngemäß richtig „Die Ausschlagpunzen", weil wesentlich von diesen die Rede ist (S. 138). Zur Vergleichung sind für den nachdenklichen Leser lateinischer Urtext und deutsche Übersetzung in zwei Spalten übersichtlich nebeneinander gedruckt. Als Anhang ist ein stattliches Fachwörterverzeichnis beigegeben, das mit besonderem Dank zu begrüßen ist, weil es noch kein Wörterbuch der mittellateinischen Fachsprache gibt.

Zu der sorgfältigen Übersetzung fügte der Herausgeber als wesentlichsten Teil seiner Arbeit sprachliche, technologische, technische, geschichtliche, kunstgeschichtliche und allgemein-kulturgeschichtliche Erklärungen. Sie sind von dem fortlaufenden Text abgetrennt in einem Anhang als „Erläuterungen" zusammengefaßt; Hinweise und Rückweise vermitteln den Zusammenhang. Rein äußerlich ist die hier geleistete Arbeit schon aus den Seitenzahlen zu entnehmen: das erste Buch umfaßt in Text und Übersetzung die Seiten 3—20, die Erläuterungen dazu beanspruchen in Kleindruck die Seiten 179—198; für das zweite Buch sind die entsprechenden Zahlen 21—50 und 198—259, für das dritte Buch 51—175 und 260 bis 491. Das erste Buch handelt vom Gold und von der Kunst, mit Gold zu schreiben; das zweite Buch ist dem Glas und der Glasmalerei gewidmet, das dritte den Metallgewerben.

Fig. 1. Deutscher Goldschläger aus 1568. (Nach AMMAN.)

In der Streitfrage, ob THEOPHILUS selber gewerblich tätig gewesen ist, hat der Herausgeber sich mit guten Gründen dafür ausgesprochen, daß

[1] Nach: Technik des Kunsthandwerks im 10. Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter Diversarum Artium Schedula. In Auswahl neu herausgegeben, übersetzt und erläutert von Dr. Ing. WILHELM THEOBALD, Oberregierungsrat. XXXI und 553 S. Mit 152 Textbildern und 4 Faksimiletafeln. Berlin 1933, VDI Verlag G. m. b. H. Preis geb. RM 60.—.

dieser mittelalterliche Benediktinermönch wahrscheinlich ein praktischer Techniker gewesen ist,

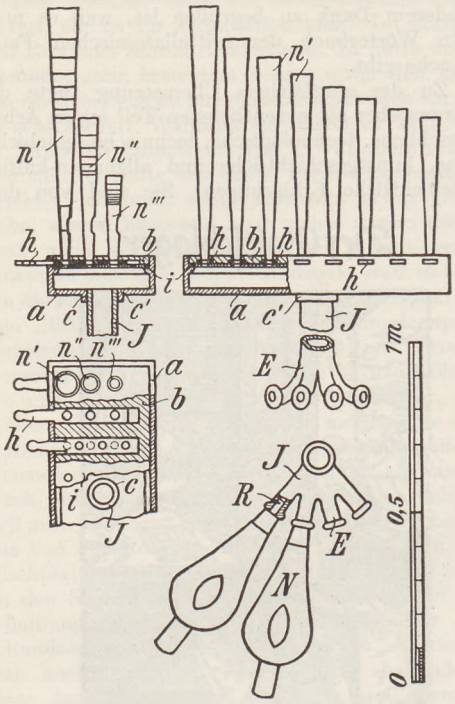

Fig. 2. Kupferne Theophilus-Orgel
(Wiederherstellung des Herausgebers)
a kupferne Windlade; *b* Bleideckel mit Schieberführungen; *c* Loch für das Hauptwindrohr; *c'* Flansch; *h* Schieber; *i* kupferner Zwischenboden; *n'*, *n''*, *n'''* Pfeifenreihen; *E* Düsen-Stutzen am Balgmündungsstück; *J* Hauptwindrohr; *N* Bälge; *R* Balgdüse.

oder daß er zum mindesten einen großen Teil der von ihm beschriebenen Künste persönlich mit offenen Augen beobachtet hat, denn in der Metalltechnik zeigt der Verfasser der Schedula so eingehende Sachkenntnis und so ungewöhnliches Einzelwissen, daß hier offensichtlich ein Fachmann spricht. Der Glockenguß wird mit unübertroffener Gewissenhaftigkeit und Anschaulichkeit geschildert: „Beim Glockenguß ‚Theophilus' gewaltigstem Aufgebot von Menschen, Metall, Wind und Feuer, ergreift die Sorge des Meisters um das Gelingen" (S. XXVI). Auch die Kunst der Glasmalerei ist so vortrefflich beschrieben, daß kein Grund vorliegt, der Versicherung des Mönchs zu mißtrauen, er habe alles in der Hagia Sophia Geschaute „durch sorgfältiges Erproben einzeln durchforscht, alles mit Auge und Händen versucht" (S. 26). THEOPHILUS läßt die Einzeldinge — den Kelch, das Meßkännchen, das Rauchfaß, die Glocke, die Orgel — vor den Augen des Lesers in lebhafter Arbeit entstehen. Der Herausgeber hat die Anschaulichkeit dieser Schilderung noch unterstützt durch eingefügte mittelalterliche Miniaturen (Fig. 1) und durch eigene Zeichnungen, die Verlorenes auf Grund der Angaben der Schedula wiederherzustellen versuchen (Fig. 2).

Eindringende Studien dieser gründlichen und zugleich wahrhaft schönen, künstlerisch nachempfindenden Ausgabe der Schedula werden durch ein reichhaltiges Verzeichnis des Schrifttums und ein ausführliches Sachverzeichnis erleichtert.

Obgleich mir die Beckmesser-Tätigkeit nicht zusagt, verweise ich auf ein paar auffällige Kleinigkeiten, die leicht zu berichtigen sind: Für den angeblichen Kobaltgehalt ägyptischer Gläser ist eine verfehlte Untersuchung aus dem Jahre 1836 als Beleg angeführt, obgleich dem Herausgeber die entscheidenden Arbeiten NEUMANNS bekannt sind (S. 232f.). BASILIUS VALENTINUS, der niemals lebte, ist wiederum als Person angeführt und vor PARACELSUS gesetzt (S. 355). Die Alchymia des LIBAVIUS kann nicht 1506, d. h. 40 Jahre vor der Geburt ihres Verfassers erschienen sein (S. 504); die genannte Ausgabe ist von 1597.

4. Unterricht und Methode.

Paul Johannesson zum Gedächtnis.

Am 27. April 1934 starb PAUL JOHANNESSON in Berlin.

Sein äußerer Lebensgang ist in den Mitteilungen der freien Vereinigung ehemaliger Schüler des Luisenstädtischen Realgymnasiums (10. Jahrgang, Nr. 10, Berlin, Oktober 1926, S. 6) so umrissen: Geboren am 20. September 1861 zu Gumbinnen, siedelte er nach Posen, dann nach Berlin über, wohin der Vater als Postdirektor versetzt war. Nach $11^1/_2$jährigem Besuche des Luisenstädtischen Realgymnasiums bestand JOHANNESSON unter Direktor FOSS Ostern 1879 die Reifeprüfung, studierte in Berlin und erwarb dort im November 1884 die Lehrbefähigung in Mathematik, Physik, Propädeutik und Religion. Von Ostern 1885 ab gehörte er dem Sophien-Realgymnasium an, zunächst als Probekandidat, dann als wissenschaftlicher Hilfslehrer und seit Michaelis 1889 als ordentlicher Lehrer. Während der Hilfslehrerzeit war er ein Jahr lang zugleich am Dorotheenstädtischen Realgymnasium tätig. Nachdem ihm der Professortitel verliehen worden war, richtete er im Auftrage des Preußischen Kultusministeriums die physikalische Abteilung der Deutschen Unterrichtsausstellung im Rahmen der Brüsseler Weltausstellung 1910 ein und erhielt das Diplôme d'honneur und den Roten Adlerorden 4. Klasse. Ostern 1915 wurde er zum Direktor und 1920 zum Oberstudiendirektor des Luisenstädtischen Realgymnasiums ernannt. Am 1. Oktober 1926 trat er in den Ruhestand.

Wie JOHANNESSON auf der Höhe seines Lebens auf die ihm anvertrauten Schüler eingewirkt hat, zeigt ein von seinem Schüler Studienrat MAX HAUT an der Auguste Viktoria-Schule zu Berlin-Steglitz entworfenes Bild, das den Unterricht in der Oberstufe von 1897—1900 umfaßt. „Ich habe JOHANNESSON außerordentlich geschätzt, wie es wohl alle Schüler taten, die für Physik Interesse hatten. Er stellte an alle hohe Anforderungen, die größten aber an sich selbst. Er war äußerst

gewissenhaft und pflichttreu, exakt in jeder Beziehung, in seinem ganzen Auftreten, wie im Unterricht. Er verstand es, wie selten jemand, die Schüler für sein Fach zu begeistern. Viele von denen, die sich später dem Studium der Naturwissenschaften zuwandten, verdanken ganz besonders ihm und seinem Unterricht die Vorliebe für die Physik. In seinem Unterricht hatte er die denkbar beste Disziplin, bis zur obersten Klasse herauf. Das erreichte er nicht durch Strafen; solche gab er nur ganz selten einmal, sondern er wirkte auf die Schüler durch seine Person und durch die vorzügliche Art der Darbietung des Stoffes vermöge seines Lehrgeschicks und seiner gründlichen und umfangreichen Kenntnisse. Die Versuche und Messungen waren stets aufs beste vorbereitet und sorgfältig ausgewählt, ihre Ausführung so exakt, wie in der Schule nur möglich. Ein Lehrbuch legte er dem Unterricht nicht zugrunde, sondern arbeitete mit erstaunlichem Fleiß den ganzen Lehrgang schriftlich aus, und ein Schüler vervielfältigte diese Ausarbeitungen hektographisch für alle Mitschüler.

Bei der Darbietung des Stoffes bediente er sich häufiger des zusammenhängenden Vortrages, den er — geistreich und redegewandt — vorzüglich beherrschte. Besonders genußreich waren jene Stunden, in denen er durch den Stoff veranlaßt wurde, auf Fragen einzugehen, die der Physik verwandten Gebieten angehören, etwa der Physiologie oder der Psychologie. Erstaunlich war es zu beobachten, mit welcher Sicherheit und Klarheit er auch solche Fragen zu behandeln wußte.

Schon damals hat er für die Schüler, die für Physik Interesse hatten, Übungen eingerichtet, die am Nachmittag stattfanden. Auch hier zeigte sich sein ungeheurer Fleiß, seine Pflichttreue und die ihm ganz besonders eigene Genauigkeit bei allen Messungen, die er in gleicher Weise von seinen Schülern forderte."

Da ich selbst JOHANNESSONS Schüler war in der Zeit, als er seine Lehrtätigkeit am Sophien-Realgymnasium abschloß, halte ich mich für berechtigt, die von M. HAUT wiedergegebenen Eindrücke weiterzuführen.

Ich sehe JOHANNESSON noch heute deutlich vor mir. Mit seiner hageren Gestalt, in seiner knappen Art war er gleichsam die Verkörperung einer eisernen Pflichterfüllung. Später, bei seinem Abschiede vom Luisenstädtischen Realgymnasium hat er es selbst gesagt: „Kants herbe Moral war mir der Leitstern und der Schutz im Leben. Die kurze Formel: ‚halte den Blick fest auf die Pflichten gerichtet, welche dein Amt und die Rücksicht auf die Umwelt dir nach deiner Überzeugung auferlegen' — sie hat mich gelehrt, daß es keine sittlichen Verdienste, daß es keine wahrhaft guten Taten gibt. Wer aber nicht dem Wahn erliegt, daß seine Taten gut sind, erwartet keinen Dank. So wird er nie enttäuscht. Vielmehr erlebt er jede Dankesäußerung als ein unverdientes und herzerquickendes Ereignis." Sein Wesen kann nicht treffender gekennzeichnet werden, als durch diese Worte.

Auf dem Gebiete des Handfertigkeitsunterrichts ist JOHANNESSON ganz besonders hervorgetreten. In den Jahren 1909—1911 veröffentlichte er sowohl in der „Monatsschrift für höhere Schulen" wie in der POSKEschen Zeitschrift seine Erfahrungen auf diesem Gebiete. Seine Bestrebungen wurden auch von höchster Stelle anerkannt, als er den Auftrag zur Einrichtung der physikalischen Abteilung der Brüsseler Ausstellung erhielt.

Durch wiederholte Teilnahme an den Werkstattkursen des früheren naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstituts für Lehrer höherer Schulen in der Alten Urania zu Berlin (also an derselben Stelle, wo die heutige Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht ihre Werkstattkurse abhält) verschaffte sich JOHANNESSON zunächst selber einmal die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten, die ihn in den Stand setzten, eine Schülerwerkstatt einzurichten und zu leiten. Am Sophien-Realgymnasium setzte er dann seine Pläne in die Wirklichkeit um. In der dort eingerichteten Schülerwerkstatt habe ich von JOHANNESSON die ersten Anleitungen zu Arbeiten in der Werkstatt erhalten. Von den Früchten dieser Arbeit zehre ich heute noch.

Die erste Aufgabe in der Werkstatt bestand für gewöhnlich im Herrichten einer Spritzflasche. Die Glasröhren mußten zurechtgeschnitten, an den Enden rund geschmelzt, ausgezogen, gebogen werden, der Kork mußte saubere Bohrungen erhalten und das Ganze zur fertigen Spritzflasche zusammengesetzt werden. Wenn alles fertig war, zeigte man ihm sein Machwerk und war stolz, wenn man eine knappe Anerkennung aus seinem Munde hörte. Aber wehe, wenn eine Röhre einen zu scharfen Knick bekommen hatte, so daß ihr Querschnitt gar zu sehr verengt war. Gleich mußte die Arbeit dann noch einmal gemacht werden, bis alles schön zueinander paßte.

Bei der sich daran anschließenden Herstellung eines Zimmer-Thermometers wurden schon etwas höhere Anforderungen gestellt. Besonders die dabei erforderlichen Metallarbeiten gaben der Sache ihren Reiz: Messinghäkchen mußten gebogen, mit einem feinen Gewinde und Muttern versehen werden, auch die Aufhängeösen mußten aus einem Stück Messingband angefertigt werden, käufliche Aufhängeösen oder Metallschrauben durften nicht verwendet werden. Das Thermometer, das ich mir damals herstellte (als besonderes Glanzstück mit einer richtigen Milchglasskala versehen), lebt heute noch und versieht in einer stillen Ecke der Wohnung meiner Eltern seinen Dienst heute wie vor 20 Jahren, ein Zeichen für die Güte des Instrumentes und vor allen Dingen der Werkstatt, aus der es stammt!

Nachdem diese zwei Gegenstände von jedem Werkstattschüler hergestellt waren, ließ JOHANNESSON uns etwas freiere Wahl in den herzustellenden Apparaten. Dabei scheute er sich nicht, auch ganz große Stücke in Angriff nehmen zu lassen, deren Herstellung sich über ein oder gar zwei Jahre hinaus ausdehnte. Dabei war es dann sein besonderer Stolz, wenn die Gegenstände nach

ihrer Fertigstellung genau so aussahen, als wenn sie aus einer feinmechanischen Werkstatt kämen.

Was JOHANNESSON mit dieser, bis in die kleinsten Einzelheiten gehenden Selbstherstellung von Apparaten bei seinen Schülern erreichen wollte, dürfte klar sein. Ich zitiere dazu ihn selbst: „Den Hauptsegen unserer Handarbeit, abgesehen von vielen Nebenwirkungen, sehe ich in der so ermöglichten Selbstprüfung der Schüler. Die theoretische Begabung unserer Söhne ist gegenwärtig in Deutschland für ihr Fortkommen in der Schule ausschlaggebend. Nach diesem Maßstabe der Leistungsfähigkeit entwickelt sich vornehmlich die gegenseitige Einschätzung der Schüler und die Selbsteinschätzung. Durch diese Einseitigkeit des Wertmaßstabes aber setzt sich die Schule in Gegensatz zum Leben. Das Leben verlangt nicht nur Männer, die theoretische Regeln mit Schärfe erfassen und in allen Fällen richtig anzuwenden wissen, oder phantasievolle, die Reichtum und Wärme ins geistige Leben tragen, sondern auch harte Köpfe, die, mit Umsicht, Tatkraft und Wagemut begabt, ihr Handeln den jeweiligen Verhältnissen anzupassen vermögen, die trotz mannigfaltiger Mißerfolge nicht erlahmen, die fühlend und mit seherischem Schauen die scheinbar unbeugsamen Widerstände zwingen. — Wer einen der schwierigen Apparate, deren Ausführungen manche unserer Schüler sich vorsetzen, trotz aller Hindernisse fertig bringt, der erfährt dabei, daß er aus hartem Holz geschnitzt ist; daneben kommt ihm die Erkenntnis, daß die ‚Handarbeit' mit Unrecht ihren Namen führt, daß auch hier vielmehr Klarheit und Schärfe des Erfassens, Sinn für das Einfache und Selbstverständliche, Begeisterung und Selbstbeherrschung, mit einem Worte Kräfte des Geistes und Gemütes allein entscheiden; er weiß, daß er zum Techniker befähigt, wenn nicht gar berufen ist. In dieser Möglichkeit der Auslese für das Leben sehe ich den Hauptsegen unserer Handarbeit."

JOHANNESSON betätigte sich eifrig in dem 1882 begründeten Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts. Zum ersten Male trug er hier am 12. September 1898 vor über die Bestimmung von g im Schulunterricht und die Messung der Fluggeschwindigkeit eines Geschosses. Diese Ausführungen sind in unserer Zeitschrift **12**, 6 und 127 (1899) abgedruckt. Weitere Aufsätze von JOHANNESSON in der POSKEschen Zeitschrift sind: Eine Radwage als schiefe Ebene **11**, 257 (1898). — Eine Raumpendelvorrichtung **21**, 86 (1908). — Der Wärmestrom **21**, 88 (1908). — Die physikalischen Übungen am Sophienrealgymnasium zu Berlin **24**, 65 (1911). — Im Jahresbericht Ostern 1896 des Sophienrealgymnasiums zu Berlin erschien der Beitrag: Das Beharrungsgesetz [Bericht in dieser Zeitschrift **10**, 255 (1897)]. 1900 und 1902 veröffentlichte JOHANNESSON bei Springer in Berlin die beiden Schriften: Physikalische Mechanik [Bericht in dieser Zeitschrift **14**, 111 (1901)] und Physikalische Grundbegriffe [Bericht in dieser Zeitschrift **16**, 120 (1903)]. In der Monatsschrift für höhere Schulen VIII S. 165 bis 171 erschien 1909: Eine Schülerwerkstatt [Bericht in dieser Zeitschrift **22**, 259 (1909)]. Von 1911—1922 war JOHANNESSON Mitherausgeber der Zeitschrift „Aus der Natur, Zeitschrift für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht"; hier veröffentlichte er „Die Formen des physikalischen Unterrichts", 17. Jahrg. Heft 7, 1921, S. 193 bis 202 [Bericht in der POSKEschen Zeitschrift **34**, 233 (1921)] und „Weltanschauungsfragen im physikalischen Unterricht", Heft 4 und 5, 1922 [Bericht in der POSKEschen Zeitschrift **35**, 281 (1922)]. Zu erwähnen sind noch die 1908 veranstaltete Neubearbeitung der „Physikalischen Aufgaben" von W. BUDDE, dann „Der Trieb zum Gestalten in der Physik" (Neuendorf, Schulgemeinde, 1921), ferner „Physikalische Werkarbeit in der höheren Schule" (in L. PALLAT, Werkarbeit für Schule und Leben, 1926) und endlich die Programmbeilagen des Sophienrealgymnasiums „Schulreden" 1906 und „Drei Schulreden über Sünde, Tugend und Erlösung" 1909.

Dr. HERMANN REDEPENNING, der unter JOHANNESSONS Direktorat zum Oberstudienrat am Luisenstädtischen Realgymnasium in Berlin befördert wurde und dem es vergönnt war, in vertrauten amtlichen Beziehungen zu seinem Direktor zu stehen, hat dem Heimgegangenen am Grabe einen Nachruf gewidmet, worin er ihn so würdigte:

„In schwerer Notzeit, mitten im Weltkriege, zu Ostern 1915, entschloß er sich, das verantwortungsvolle und entsagungsreiche Amt des Leiters unserer Anstalt zu übernehmen. Sein Wirken, ungleich schwerer als das irgendeines seiner Vorgänger und dabei wahrlich gering abgegolten, fiel ganz in die Kriegs- und bewegte Aufbauzeit. Doch ist es seiner willensstarken Persönlichkeit gelungen, in den $11^1/_2$ Jahren seiner direktorialen Tätigkeit aller widrigen Verhältnisse Herr zu werden und der Bildungsstätte ein nachhaltiges Gepräge seines Geistes aufzudrücken. Denn, mit einem Wort, er war der richtige Mann am rechten Platz. Es beglückte ihn, Oberstudiendirektor gerade der Schule zu sein, die er einst mit seinen Brüdern als Schüler selber besucht, der er wie sie das erste Rüstzeug für seinen Lebensberuf verdankte. Als gereifter Mann war er zu uns zurückgekehrt, nachdem er 30 Jahre lang am Sophien-Realgymnasium große Erfahrung gesammelt und dort den tiefgehenden Einfluß des von ihm hochgeschätzten Direktors MARTUS erfahren hatte. In naturwissenschaftlichen Kreisen war sein Name längst bekannt.

Die menschlichen Eigenschaften des Heimgerufenen, seine Lebens- und Weltanschauung, seine umfassende Bildung und nicht zuletzt sein Schaffen als Gelehrter befähigten ihn zum Führer und vorbildlichen primus inter pares. Er reihte sich würdig ein in die Reihe der großen Direktoren vom guten alten Schlage. — Mit kerndeutscher Gesinnung verband er altpreußische Beamtentugenden. Schlichtheit, Pünktlichkeit, peinliche Gewissenhaftigkeit und eine außergewöhnliche Arbeitskraft zeichneten ihn aus. Er wußte, daß er in Verwaltungsangelegenheiten als pedantisch galt und war mit Recht stolz darauf. Sachlich und

bestimmt waren seine Anordnungen. ‚Fortiter in re, suaviter in modo.' Er war ein Feind aller Phrasen und abhold allem Schein. — Ernste, umfassende philosophische Studien hatten unserem Direktor eine feste Weltanschauung verliehen. Spinoza und vor allem Kant waren seine Lehrmeister. So war er gegen Verdrießlichkeiten im Leben und im Amt gefeit. Entsagen war für ihn Glück, ein Leben in der actio, Erkenntnis, unter Überwindung der Affekte, höchstes Gut. Kants gestirnter Himmel und das Sittengesetz blieb für ihn eine unversiegbare Quelle stets neuer Bewunderung. — Es ist erstaunlich, daß er neben seinem Lehr- und Erzieherberuf, neben lastender Verwaltungstätigkeit noch Kraft und Muße zur Bearbeitung pädagogischer Probleme und zu wissenschaftlichen Forschungen fand. Zahlreich sind seine Abhandlungen und seine physikalischen Werke, die lebhafte Beachtung fanden. — Kein Wunder, daß solche hingebende, vielseitige Wirksamkeit, wozu noch die ehrenamtliche Leitung des Staatlichen pädagogischen Seminars kam, die gebührende Anerkennung der vorgesetzten Behörde erzwang. Der schönste Lohn seiner Lebensarbeit wird für ihn, der nach seinen Maximen niemals Dank erwartete, das Staatsschreiben gewesen sein, das ihm bei seinem Übertritt in den Ruhestand mit ehrenden Worten überreicht wurde.

Nun ruht der Nimmermüde aus von seinem gesegneten Wirken. Das Wort des Apostels Paulus, das er einst seiner Antrittsrede als Direktor zugrunde legte: ‚Nun verlangt man nicht mehr von dem Haushalter, denn daß er treu erfunden wird', hat er vollauf erfüllt. Sein Werk gehört der Geschichte des Luisenstädtischen Realgymnasiums an. Aber ‚der Leib nur stirbt, den Erdenlast bedrückte', er hat es selber gesagt. Seine geistige Kraft ist unzerstörbar. Sie ist lebendig in der langen Reihe von Schülern, die der teure Entschlafene in sittlichem Ernst emporgebildet; sie wirkt weiter in seinen treuen Mitarbeitern, denen er wegweisend und wegbereitend voranschritt. Und Liebe, die folgt ihm zu Grabe und wird ihm folgen über das Grab hinaus. Have, pia anima!"

R. Scharf.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

H. v. Mangoldts Einführung in die höhere Mathematik für Studierende und zum Selbststudium. Vollständig neu bearbeitet und erweitert von Konrad Knopp.

Zweiter Band: Differentialrechnung; Unendliche Reihen; Elemente der Differentialgeometrie und der Funktionentheorie. 6. Auflage. Mit 108 Figuren im Text. XV und 634 Seiten. Leipzig: S. Hirzel 1932. Preis geh. RM 15,—; geb. RM 16,80.

Dritter Band: Integralrechnung und ihre Anwendungen; Funktionentheorie; Differentialgleichungen. 6. Auflage. Mit 103 Figuren im Text. XVI und 618 Seiten. Leipzig: S. Hirzel 1933. Preis geh. RM 15,—; geb. RM 16,80.

Im Vorwort zum zweiten Band erklärt der Bearbeiter, er hätte „an der wohldurchdachten Auswahl des Stoffes und an seiner sorgfältigen Einteilung im großen" in geringerem Maße als beim ersten Bande (vgl. diese Zeitschr. **45**, 182; 1932) zu ändern gehabt; aber in sehr viel höherem Maße sei es ihm geboten erschienen, „im einzelnen neu zu formen und zu ergänzen". Diese Bemerkung regte mich dazu an, den Band von 1932 zu vergleichen mit der 1919 erschienenen 2. Auflage, die ich zur Hand habe. Dabei war es besonders reizvoll für mich, solche Stücke nachzulesen, die beiden Auflagen gemeinsam sind. Ohne Zweifel ist die jetzige Fassung ganz allgemein der früheren in der Kunst der Darstellung überlegen. Aber auch das Feilen am Ausdruck im einzelnen zeigt den Meister. Ich gestehe gern ein, daß mir manche Feinheiten und die dem geschliffenen Ausdruck zugrunde liegende Absicht erst durch das Vergleichen zum Bewußtsein gekommen sind; ohne das Zurückgehen auf die frühere Auflage hätte ich darüber hinweggelesen. Diese Erfahrung rechtfertigt es nun auch, den zweiten Band warm zu empfehlen. Für den Studierenden, der durch eine Vorlesung in die höhere Mathematik eingeführt wird, ist es ein umfassendes Nachschlagewerk, das die Möglichkeit vielseitiger Ergänzungen bietet. Aber auch seiner Bestimmung, dem Selbststudium zu dienen, wird der Band gerecht; die peinliche Sorgfalt der Bearbeitung macht ihn zu einem zuverlässigen Führer.

Man muß das Inhaltsverzeichnis am Anfang und das Register am Ende des Buches durchsehen, um eine Vorstellung von der Reichhaltigkeit des Stoffes und seiner Anordnung zu gewinnen. Hier können zur Kennzeichnung der Gliederung nur die Überschriften der 12 Hauptabschnitte wiedergegeben werden: Grundregeln der Differentialrechnung für Funktionen einer Veränderlichen; Mittelwertsatz und Taylorscher Satz, Anwendungen; Minima und Maxima, Grenzwerte, Differentiale; Unendliche Reihen, Grenzwerte und Stetigkeit der Funktionen von mehreren Veränderlichen; Ausdehnung der Differentialrechnung auf Funktionen von mehreren Veränderlichen; Unentwickelte Funktionen, Minima und Maxima der Funktionen von mehreren Veränderlichen; Die Begriffe Kurve und Fläche; Kurven und Flächen zweiten Grades; Elemente der Differentialgeometrie; Zahlenfolgen mit komplexen Gliedern und Funktionen einer komplexen Veränderlichen; Analytische Funktionen und konforme Abbildung.

Für den Lehrer der Mathematik an höheren Schulen ist der Band eine Fundgrube in bezug auf methodische Fragen. Hat er Arbeitsgemeinschaften zu leiten, so findet er nicht nur zahllose Möglichkeiten, den Schüler über den vorgeschriebenen Unterrichtsstoff hinauszuführen, sondern er kann auch Zusammenhänge andeuten, die

wenigstens ahnen lassen, in welcher Richtung am mathematischen Lehrgebäude weitergebaut werden kann.

Der dritte Band behandelt in 10 Abschnitten: Unbestimmte Integrale; Das bestimmte (Riemannsche) Integral; Inhalte; Längenberechnungen und Kurvenintegrale; Integrale der Funktionen einer komplexen Veränderlichen; Mehrfache Integrale; Anwendungen mehrfacher Integrale; Die Integralsätze von Gauss, Green und Stokes; Uneigentliche Integrale und deren Anwendungen, Fouriersche Reihen; Differentialgleichungen. Durchblättert man die Auflagen von 1920 und 1933 nebeneinander, so finden sich wohl Übereinstimmungen, aber die Anordnung des Stoffes und seine Verarbeitung im ganzen ergeben für die 6. Auflage ein neues Buch, das der Entwicklung der Mathematik bis zur Gegenwart in vollem Umfange gerecht wird. Mathematische Strenge und Anschauung sind sehr glücklich miteinander verknüpft; Anwendungen beleben die abstrakte Wissenschaft und bieten eine reiche Fülle von Anregungen nach allen Seiten hin. Der Zweck, zum Selbststudium zu dienen, ist ohne Zweifel erreicht, weil Sicherheit sich mit einer vorzüglichen Art der Darbietung verbindet. Wieder kann der Schulunterricht gewinnen, wenn die Mathematiklehrer auch diese Integralrechnung bei der Vorbereitung fleißig benutzen.

Vor 50 Jahren beklagte F. Klein, daß trotz der Verschärfung der Grundbegriffe des Differentiierens und Integrierens, sowie der Vervollständigung anderer Kenntnisse, das für den allgemeinen Gebrauch bestimmte Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung fehlte, das von all dem Rechenschaft gäbe. v. Mangoldts Einführung in die höhere Mathematik wurde ein solches Buch, und die Bearbeitung, die K. Knopp diesem Werke hat angedeihen lassen, erfüllt weit höhere Ansprüche, als Klein sie damals im Auge haben konnte. *Mtth.*

The Development of Physical Thought. A Survey Course of Modern Physics. By Leonard L. Loeb and Arthur S. Adams. IX u. 648 Seiten, 120 Abbildungen. New York: John Wiley & Sons Inc.; London: Chapman & Hall Ltd. 1933. Preis geb. 23 sh.

Das vorliegende Werk ist aus einer dreistündigen Vorlesung entstanden, die einem großen Hörerkreis, in dem keine bestimmten Vorkenntnisse vorausgesetzt werden konnten, einen Überblick über das Wesen und die Probleme der Physik geben sollte. Diese Aufgabe ist durchaus nicht einfach, wenn man mehr geben will, als eine einfache Aufzählung interessanter Ergebnisse oder eine oberflächliche populäre Darstellung. Der erstgenannte Verfasser, der den Kursus entworfen hat, wußte diese Klippen zu vermeiden, indem er die Entwicklung des physikalischen Begriffsystemes schilderte. Nach einem kurzen allgemeinen historischen Überblick über die Entwicklung der Wissenschaft in den verschiedenen geschichtlichen Epochen wird eine Entwicklungsgeschichte der Mechanik gegeben. In den weiteren Kapiteln wird behandelt: Wärme und Struktur der Materie; Elektrizität und Magnetismus; Licht; Elektrische Struktur der Materie und die neue Physik. Die Art der Darstellung lehnt sich naturgemäß stark an Mach an, ist aber trotzdem in vielem durchaus originell. Es ist den Verfassern ausgezeichnet gelungen, mit großer Klarheit die für die Erkenntnis wesentlichen Entwicklungen und Ergebnisse herauszuarbeiten. Die Wandlungen der naturwissenschaftlichen Fragestellungen kennzeichnet der Verfasser z. B. so: Vor Newton fragte die Physik, „warum" geschieht etwas?; seit Newton fragten die Physiker, „wie" geschieht etwas?, wie funktioniert etwas?; die moderne Physik wird sich vielleicht damit begnügen müssen, nach dem „was geschieht" zu fragen; oder ausführlicher: Naturerscheinungen so vollständig und so exakt als möglich mittels Gleichungen und mathematischer Beziehungen zu beschreiben, die in Bezug auf andere Phänomene möglichst allgemein sind. Die ganze Anlage des Buches führt immer wieder zu erkenntnistheoretischen Fragestellungen hin, bei denen der Standpunkt eines Positivismus im Sinne von Bridgman eingenommen wird. Im historischen Teil sind kleinere Irrtümer unterlaufen. Kekulé war trotz des Akzents kein französischer Chemiker. Die deutsche Forschung ist weniger vernachlässigt, als man sonst bei Verfassern englischer Sprache leider gewöhnt ist. Das soll aber nicht heißen, daß etwa alle bedeutenden deutschen Physiker genannt seien; man sucht z. B. die Namen Lenard und Stark vergeblich. Das Werk ist so anregend, daß man sich nicht wundert, wenn die Verfasser berichten, der Erfolg der ersten Vorlesung sei so groß gewesen, daß man diesen Kursus daraufhin an vielen anderen Universitäten Amerikas eingeführt habe. Da der Jahrgang von Studierenden, für welche dieser Kurs bestimmt ist, in mancher Hinsicht mit unseren Primen vergleichbar ist, liegt die Vermutung nahe, daß es vielleicht angebracht wäre, in der Oberprima mehr Entwicklungsgeschichte der Physik zu geben als Einzelwissen. Die innere Anteilnahme am Unterricht und der Bildungswert dürften größer sein. Wer für diese Zusammenhänge Interesse hat, wird in dem Buche eine wertvolle und modernste Ergänzung zu den bahnbrechenden Schriften von Mach finden.

Hiedemann.

The Measurement of Air Flow. By E. Ower. VIII u. 243 Seiten, 85 Abbildungen u. 18 Tabellen. London: Chapman & Hall Ltd. 1933. 2. Aufl. Preis geb. 15 sh.

Das vorliegende Werk soll sowohl den praktischen Bedürfnissen des Ingenieurs entsprechen, der Luftströmungen messen will, als auch Lehrbuch für Studierende sein. Es wird ausführlich über Theorie und Praxis der Einrichtungen zur Messung von Luftströmungen berichtet, und auch alle notwendigen strömungstheoretischen Grundlagen werden in einer auf Ingenieure zugeschnittenen Form behandelt. Nach einem Überblick über die Instrumente zur Messung der Luftströmungsgeschwindigkeit, wo die in der Praxis

bewährten Rotamesser vergessen wurden, wird eine Einführung in die Theorie der Staudruckgeräte gegeben. Es folgen Kapitel über Pitot-Rohre, Einrichtungen zur Messung des statischen Druckes, Staurohre, Luftströmung durch Röhren, Stauringe, Staudüsen und Venturi-Rohre, Flügel-Anemometer, Manometer, Hitzdrahtströmungsmessungen und praktische Einzelbeispiele. Es wird für jedes Gerät nicht nur die Theorie, die Konstruktion und die Meßgenauigkeit aufs gründlichste dargelegt, sondern darüber hinaus alle kleinsten Einzelheiten angegeben, die bei der praktischen Ausführung der Messung berücksichtigt werden müssen. Der Verfasser ist Assistent am Aerodynamischen Institut des englischen National Laboratory und hat selbst zur Entwicklung der Meßtechnik von Luftströmungen durch gründliche Forschungsarbeiten beigetragen. Die Erfahrung des Fachmanns spricht aus jedem Kapitel des Buches, das für den praktischen Gebrauch des Strömungstechnikers sicher sehr wertvoll ist. Die deutsche Literatur ist mit Ausnahme der Arbeiten über Staudüsen recht unvollständig berücksichtigt. *Hiedemann.*

The Practice of Spectrum Analysis With Hilger Instruments. By F. Twyman. Including a Note on the Various Types of Emission Spectra. 58 Seiten u. 7 Abbildungen, 6. Aufl. London: Adam Hilger Ltd. 1933. Preis 3 sh. 6 d.

Das von allen Spektroskopikern geschätzte Handbuch der Firma Hilger, verfaßt für Benutzer von Hilger-Apparaten, erscheint nunmehr schon in 6. Auflage. Verfasser ist Twyman, der geschäftsführende Physiker der Firma, unter der Mitarbeit von neun weiteren namhaften Physikern. Inhalt: Probleme, für die Spektralanalyse Verwendung finden kann. Apparate und Literatur. Die Erzeugung von Emissionsspektren. Aufnahme von Spektrogrammen. Messung von Wellenlängen. Identifikation von Elementen. Quantitative Spektralanalyse. Die verschiedenen Spektraltypen. Die Darstellung ist keine Einführung in die Spektralanalyse, sondern ein praktisches knappes Hilfsbuch für den Fachmann und für diesen auch dann sehr wertvoll, wenn er Apparate anderer Firmen benutzt.

Hiedemann.

Liesegang Rings and Other Periodic Structures. By Ernest S. Hedges. VIII u. 122 Seiten, 14 Abbildungen. London: Chapman & Hall Ltd. 1932. Preis geb. 10 sh. 6 d.

R. E. Liesegang entdeckte 1896 folgende Erscheinung: Er brachte einen Tropfen Silbernitratlösung auf eine mit Kaliumbichromatlösung getränkte Gelatineplatte auf. Es bildet sich ein Niederschlag von Silberbichromat in der Gelatine. Dieser Niederschlag ist nicht homogen, sondern bildet eine Reihe konzentrischer Ringe. Diese auffallende räumlich-periodische Struktur wurde nach Liesegang, der sie zuerst systematisch untersuchte, Liesegangsche Ringe genannt. Die Zahl der darauf erschienenen Arbeiten über Liesegangsche Ringe und andere räumlich-periodische Strukturen ist so groß — das vorzügliche Literaturverzeichnis umfaßt 482 Arbeiten —, daß eine ausführliche Monographie über diesen Gegenstand — und die vorliegende ist die erste — wirklich erwünscht ist. Der Verfasser ist hierzu besonders berufen, da er zur Entwicklung dieses Gebietes vieles beigetragen hat. Nach einem einleitenden Kapitel über die Eigenschaften von Kolloiden folgt zunächst eine Beschreibung der Liesegangschen Ringe. An einer Fülle verschiedenartigster Reaktionen wird zunächst gezeigt, wie weitverbreitet solche periodischen Strukturen bei Niederschlägen in Kolloiden sind. Methoden zur Feststellung der Strukturen. Sehr viele Faktoren haben Einfluß auf die Bildung der Liesegangschen Ringe: Konzentration, Licht, Temperatur, Reaktionsmedium, Verunreinigungen, elektrische Felder, mechanische Spannungen, Alter des Kolloids. Nicht erwähnt ist leider die interessante Einwirkung der mitogenetischen Strahlung, die durch Stempell und v. Romberg nachgewiesen wurde. Das Auftreten räumlich periodischer Strukturen ist nicht an eine Reaktion in einem kolloiden Medium gebunden. Es hat sich im Gegenteil gezeigt, daß unter geeigneten Bedingungen periodische Strukturen durch die Reaktionen zweier Substanzen irgendwelcher Art erhalten werden, die einen Niederschlag bilden. Verbindet man zwei Behälter mit Ammoniak und HCl durch eine enge und lange Leitung, so schlägt sich Ammoniumchlorid in regelmäßigen Streifen in der Röhre nieder, und ähnliche Beispiele mehr. Ein besonderes Kapitel ist den Theorien gewidmet, die zur Erklärung der räumlich-periodischen Strukturen aufgestellt wurden. Von besonderer Bedeutung für die Theorie war die Entdeckung solcher periodischen Strukturen durch den Verfasser, die nicht als Folge einer chemischen Reaktion gebildet worden waren. Hedges konnte die Bildung von periodischen Strukturen durch Koagulation einer kolloidalen Lösung, die in einem Gel enthalten war, nachweisen. Es gelang ihm ferner zu zeigen, daß bei der Diffusion von konzentrierter Säure in eine Kapillare, die eine Lösung vom Salz der gleichen Säure enthielt, Salz sich in regelmäßigen Streifen abschied. Diese Versuche veranlaßten den Verfasser zu einer, hier zuerst veröffentlichten, „umfassenden Theorie", worin sich die bedeutendsten der früheren Theorien einordnen lassen. Für die Bildung periodischer Strukturen müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: 1. Es muß einen kritischen Zustand geben, der erreicht werden muß, bevor Kristallisation, Niederschlag, Koagulation, Kondensation, oder was sonst auch immer, wobei Bildung der periodischen Strukturen geschieht, eintreten kann. 2. Bewegung des Materials — z. B. durch Diffusion — während der Zeit, die zur Erfüllung der ersten Bedingung benötigt wird. Die „Theorie" besteht also nur in der Feststellung von notwendigen Bedingungen, nennt aber keine hinreichenden, womit eine Voraussage im Einzelfall nicht möglich ist. Ob eine allgemeine Theorie für solche sehr verschiedenartigen Vorgänge überhaupt möglich ist, scheint recht zweifelhaft. Die

Erfüllung der notwendigen Bedingungen wird an den früheren Beispielen nachgewiesen und auch bei den Erscheinungen, über die anschließend berichtet wird, nämlich: den periodischen Kristallisationen von Schmelzen, den periodischen Kristallisationen in Anwesenheit von Kolloiden, den spiralförmigen Kristallisationen, den periodischen Verdampfungs-, Kondensations-, Kapillaritäts-, Sedimentations-, osmotischen und galvanischen Niederschlags-Strukturen. Das Buch schließt mit einem Kapitel über räumlich-periodische Strukturen, die in der Natur beobachtet werden und erörtert, welche dieser Strukturen nicht durch äußere Periodizitäten, sondern durch Vorgänge nach Art der Liesegang-Ringe bedingt sein könnten. Interessant ist eine Erörterung über die Kräuselung der Schafwolle, deren Struktur sich in einem einfachen mathematischen Ansatz behandeln läßt. Die für den Spezialisten sehr wertvolle Aufzählung außerordentlich vieler Einzeltatsachen erleichtert anderen Lesern nicht gerade die Lektüre. Überhaupt liegt der Wert des Buches nicht in der Kunst der Darstellung, sondern in der wissenschaftlichen Gründlichkeit und Vollständigkeit, die es für den Spezialisten unentbehrlich machen dürfte. Jeder Naturwissenschafter wird manches Interessante in dem Buche finden. *Hiedemann.*

An Outline of Atomic Physic. By Members of the Physics Staff of the University of Pittsburgh: O. H. Blackwood, E. Hutchisson, Th. O. Osgood, A. E. Ruark, W. N. St. Peter, G. A. Scott, A. G. Worthing. VI u. 348 Seiten, zahlreiche Abbildungen. New York: John Wiley & Sons; London: Chapman & Hall Ltd. 1933. Preis geb. 21 sh. 6 d.

Das Buch ist aus Vorlesungen entstanden, welche Studierenden der ersten Semester einen Überblick über die Ergebnisse der Atomphysik geben und zugleich ein Interesse dafür wecken sollten. Diesem Zweck und Hörerkreis entsprechend wird auf eine systematisch-strenge Behandlung verzichtet. Wo die theoretischen Ableitungen größere mathematische Kenntnisse verlangen, werden nur die Ergebnisse der Theorie mitgeteilt; wo eine einfachere mathematische Behandlung möglich ist, wird sie gegeben. Auf diese Weise ist es gelungen, eine außerordentlich klare, leicht verständliche und nicht allzu oberflächliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse der Atomphysik zu geben. Inhalt: Atomare Struktur der Materie und der Elektrizität; Korpuskulare Natur der Strahlung; Bohrsches Atommodell und Röntgenstrahlen; Wellen und Korpuskeln; Linienspektren; Periodisches System; Struktur der Moleküle; Bandenspektren; Radioaktivität; Relativitätstheorie; Astrophysik. Es wird immer möglichst bis an die aktuellsten Probleme herangeführt; so wird bereits vom Wasserstoffisotop und vom Neutron berichtet. Es verwundert daher, daß der Raman-Effekt nicht erwähnt wird. In der Astrophysik hätte man bei den Methoden über die Bestimmung der Radialgeschwindigkeiten von Sternen wenigstens einen kurzen Hinweis auf die Ausdehnung des Weltalls erwartet. Merkwürdig und unangenehm berührt die häufige Unterlassung der Nennung derjenigen Forscher, denen grundlegende Methoden und Ergebnisse zu verdanken sind. Den Namen Lenard z. B. sucht man vergeblich. Die Franck-Hertzsche Methode zur Bestimmung von kritischen Potentialen wird auf drei Seiten behandelt, der Name Franck aber nicht erwähnt. Von dieser unhistorischen Einstellung werden aber nicht nur deutsche, sondern z. B. auch amerikanische Forscher betroffen. Die von vielen, sehr instruktiven Abbildungen belebte Darstellung verdient sonst Anerkennung wegen ihrer Klarheit und wegen der gelungenen Herausstellung gerade der wesentlichen Gedanken. Dem deutschen Empfinden widerstrebt der Mangel an strenger Systematik und die autoritative, auf Lernen und nicht auf Studieren eingestellte Haltung des Buches. Zahlreiche und mit großem Geschick ausgewählte Übungsaufgaben dürften besonderen Beifall finden. *Hiedemann.*

The Crystalline State. By W. H. and W. L. Bragg. Volume I. A. General Survey by W. L. Bragg. XIV u. 352 Seiten, 187 Figuren u. 16 Tabellen. London: G. Bell & Sons Ltd. 1933. Preis geb. 26 sh.

Seit den früheren Auflagen des bekannten Werkes der Verfasser „Röntgenstrahlen und Kristallstruktur" hat das behandelte Gebiet so erhebliche Fortschritte zu verzeichnen, daß die Verff. es vorgezogen haben, ihr älteres Werk nicht zu ergänzen, sondern eine völlige Neubearbeitung vorzunehmen. Es war eine glückliche Idee, in einem ersten Bande eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Kristallstrukturlehre und der Strukturanalyse zu geben, und die Behandlung der Ergebnisse der Kristallanalyse und der spezielleren Probleme den beiden folgenden Bänden zu überlassen. So ist das Werk Lehr- und Handbuch zugleich. In dem Lehrbuch, dem ersten Band, sind alle Grundlagen entwickelt, die zum Verständnis der folgenden Bände benötigt werden. Inhalt: Der kristallinische Zustand. Beugung an Kristallgittern. Experimentelle Methoden zur Strukturbestimmung und einige Beispiele. Kristallsymmetrie. Grundlagen der Strukturbestimmung. Chemische und physikalische Kristallographie. Röntgenstrahlenoptik. Anwendung von Röntgenstrahlen auf wissenschaftliche und technische Probleme. Elektronenbeugung. Geschichtliches. Einige Anhänge, z. B. über die Herstellung und die Eigenschaften von Röntgenstrahlen. Der Band ist ein vollständiges in sich abgeschlossenes Lehrbuch der Kristallstruktur. Daß ein Werk über dieses Gebiet von diesen Verfassern eine wissenschaftliche Leistung ersten Ranges sein würde, war zu erwarten; daß dieser erste Band eine meisterhafte pädagogische Leistung darstellt, verdient besonderen Dank. Die Ausstattung des Buches und die Reproduktion der zahlreichen photographischen Aufnahmen sind vorzüglich, der Preis niedriger, als man erwarten sollte.

Hiedemann.

Lehrbuch der Chemie. Für die Unterstufe höherer Lehranstalten. Von A. Weber. 150 Seiten mit 6 Tafeln, einer ganzseitigen Zeichnung und 93 Abbildungen. München u. Berlin: R. Oldenbourg 1933. Preis kart. RM 2,20.

Wenn ein Chemielehrer an einer preußischen Oberrealschule das Buch durchsieht, so wird er zunächst über die Fülle des gebotenen Stoffes erstaunt sein. Die gesamte Chemie der Metalloide einschließlich wichtiger Verfahren der Großindustrie, die Eisenerzeugung und die vom biologischen Standpunkt aus wichtigsten organischen Verbindungen haben Platz gefunden, daneben viele qualitative und quantitative Versuche, die Atomtheorie, die Ionenlehre u. a. m. Diese Eigenart des Buches ist auf die dem Buch zugrunde gelegten bayrischen Lehrpläne zurückzuführen, nach denen der Chemieunterricht bereits in der zweiten Hälfte der 4. Klasse (Untertertia in Preußen) beginnt.

Wie in den meisten Chemiebüchern werden die Atomtheorie und die Formelsprache ziemlich früh eingeführt. Eine Ableitung, die sich auf vorher ausgeführte Versuche und das Gesetz der konstanten und der multiplen Proportionen stützt, wird gegeben. Ich bezweifle nur, ob diese immerhin ziemlich lange Kette von Schlüssen von dem etwa 15jährigen Schüler verfolgt werden kann, zumal in dieser Ableitung Willkürlichkeiten enthalten sind, die der Schüler gar nicht verstehen kann. Um ein Beispiel zu nennen: Das Gewichtsverhältnis von Schwefel zu Eisen im Schwefeleisen wird immer mit 32,06 : 55,84 bezeichnet, wobei allerdings der Verfasser die Einschränkung macht, daß dieses Zahlenverhältnis beliebig erweitert oder gekürzt werden kann. Der nachdenkende Schüler muß sich doch aber an dieser Stelle sagen: Wie kommt man ausgerechnet auf die Zahlen 32,06 : 55,84 und nicht etwa auf $1 : \frac{55{,}84}{32{,}06} = 1 : 1{,}74$ oder abgerundet 4 : 7 (vom Wasserstoff ist noch nicht geredet worden)?

Diese allzu frühe, genau sein wollende Einführung in die Atomtheorie, ihre weitere Anwendung und ihr Ausbau scheinen mir ein wunder Punkt des Buches zu sein. Erfreulich an dem Buch ist seine Gediegenheit in sachlicher Beziehung; man kann sich auf die Angaben des Buches verlassen. Es werden nirgends Fremdwörter gebraucht, ohne daß sie gehörig erklärt und abgeleitet werden. Erfreulich sind weiterhin die Hinweise auf Ereignisse, die von geschichtlicher Bedeutung auf dem Gebiete der Chemie geworden sind. *Scharf.*

Einführung in die physikalische Chemie. Von E. Fischer. Mit einem Abschnitt über die galvanischen Ketten von K. Weber. 120 Seiten, 24 Abbildungen. Math.-phys. Bibl., Reihe II. Heft 1. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1933, Preis geb. RM 3,—.

Nach einigen einführenden Worten über die Natur der Gase gibt der Verfasser einen kurzen Abriß über die Grundvorstellungen der kinetischen Gastheorie. Diffusion und Brownsche Bewegung werden erklärt. Der Gasdruck wird kinetisch gedeutet, das Boylesche und das Gay-Lussacsche Gesetz werden abgeleitet, die Temperatur findet ihre kinetische Deutung. Es folgen Abschnitte über das Verdampfen, Schmelzen und über die damit zusammenhängenden Erscheinungen. Im zweiten Teile des Buches werden die wichtigsten Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der Lösungen besprochen. Der dritte Teil behandelt die Gesetzmäßigkeiten bei chemischen Reaktionen (Avogadrosche Hypothese, multiple Proportionen, Atomtheorie, Molekulargewichtsbestimmungen, Reaktionsgleichgewichte). Im vierten Teil schließlich kommen die wichtigsten Tatsachen der Elektrochemie der Lösungen zur Behandlung.

Das Buch unterscheidet sich von anderen, die das gleiche Gebiet behandeln, durch die Betonung der kinetischen Betrachtungsweise. Der Verfasser erhofft auf diese Weise, ein anschauliches Bild vom Wesen der physikalisch-chemischen Vorgänge geben zu können. Es kommt hinzu, daß für die Auswahl des Stoffes die Möglichkeit der experimentellen Veranschaulichung mit schulgemäßen Hilfsmitteln von ausschlaggebender Bedeutung war, so daß keine Gesetze abgeleitet werden, die nicht bestimmte Versuchsergebnisse als Grundlage haben. Die Verständlichkeit der Ausführungen läßt also nichts zu wünschen übrig. Da der Verfasser selbst kein Gewicht auf Vollständigkeit des Stoffes legt, kann ihm kaum ein Vorwurf daraus gemacht werden, daß die Thermochemie etwas zu kurz gekommen ist. Da jedoch fast unsere gesamte Energiewirtschaft auf thermochemischer Grundlage beruht, wäre es erwünscht gewesen, wenn diese Seite der physikalischen Chemie stärker berücksichtigt worden wäre.

Scharf.

Qualitative chemische Analyse anorganischer Gemenge mit einfachsten Hilfsmitteln. Von G. Vortmann †. 61 Seiten mit 3 Abbildungen. Berlin: Chemie G.m.b.H. 1933. Preis geb. RM 3,60.

Nachdem auf 47 Seiten die zur Analyse nötigen Gerätschaften sowie die für die einzelnen Elemente und Atomgruppen kennzeichnenden Reaktionen behandelt worden sind, wird in dem Rest des Buches ein genauer Analysengang für Kationen und für Anionen beschrieben. Dabei weicht besonders die Prüfung auf Anionen von der sonst üblichen Methode ab. Das zu untersuchende Gemisch wird zunächst mit Soda und Schwefel oder mit Natriumthiosulfat geschmelzt, um die Metalle in Sulfide zu überführen. Durch Wasser werden die sauren und die basischen Sulfide voneinander getrennt. Aluminium und Beryllium werden aus der sulfoalkalischen Lösung durch Chlorammonium, die sauren Sulfide durch eine Säure gefällt. Der in Wasser unlösliche Teil der Sulfidschmelze wird zur Auflösung von Strontium, Calcium und Magnesium mit Chlorammonium behandelt. Die ungelöst gebliebenen bzw. gefällten Sulfide werden dann geröstet und mit Kaliumpersulfat geschmelzt, wodurch Arsen, Molybdän, Vanadin, Tellur und Selen in wasserlösliche Form

übergeführt werden, während Antimon, Zinn, Wolfram, Gold und Platin unlöslich bleiben. Die erhaltenen Gruppen werden dann weiter untersucht; außerdem wird auf Alkalimetalle besonders geprüft. Die Prüfung auf Anionen geschieht in der üblichen Weise.

Wegen seines eigenartigen Trennungsganges für die Kationen ist das Buch durchaus wert, einer genaueren Prüfung unterzogen zu werden. Besonders würde es sich wohl lohnen, die mit dieser Methode erreichbaren Ergebnisse mit dem sonst üblichen Schwefelwasserstoffgang der Analyse zu vergleichen. *R. Scharf.*

Qualitative chemische Analyse nach dem Schwefelnatriumgang. Von R. Lieber unter Mitarbeit von G. Vortmann †. VIII und 184 Seiten. Wien und Leipzig: Emil Haim & Co. 1933. Preis brosch. RM 7,50; geb. RM 9,—.

Das Buch bringt wie das zuvor angezeigte den Schwefelnatriumgang in neuer Durcharbeitung. Dieser Analysengang wurde an der Technischen Hochschule in Wien von G. Vortmann im Jahre 1898 eingeführt und ist seither mit einigen Abänderungen dort für die Ausbildung der Chemiker in der Analyse angewendet worden. Als Wesentliches kommt in diesem Buche die theoretische Durcharbeitung des Ganges sowie die Berücksichtigung der Originalliteratur hinzu, außerdem die weitgehende Anwendung organischer Präparate für bestimmte Erkennungsreaktionen. *R. Scharf.*

Vereine und Versammlungen.

Bericht über die 36. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts vom 2. bis 7. April in Berlin.

Die Tagung wurde mit einem Begrüßungsabend am 2. April durch den Vorsitzer des Ortsausschusses Herrn Studienrat Dr. Ph. Depdolla eröffnet. Nach den einführenden Worten, in denen er auf die neuen Aufgaben der Schule hinwies, ging Herr Depdolla auf die Bedeutung Berlins als Tagungsort ein. Männer wie Schellbach, Schwalbe, Vogel, Poske, Hahn u. a. hätten hier gewirkt, und daher habe Berlin eine ganz besondere Überlieferung in unseren Fächern. Anschließend begrüßte Herr Admiral Dr. Conrad im Namen des Herrn Reichswehrministers die Versammlung, indem er auf die Verbundenheit der von uns vertretenen Fächer mit der Wehrhaftigkeit hinwies. Begrüßungsworte an die Versammlung richteten weiterhin teils persönlich, teils im Namen von Behörden, wissenschaftlichen und technischen Vereinen die Herren: Ministerialrat Professor Dr. Metzner, Professor Bieberbach, Professor Rothe, Professor Hamel, komm. Oberstudiendirektor Schwedtke. Abschließend dankte Herr Oberstudiendirektor Dr. Günther für die dem Verein überbrachten Glückwünsche; er erinnerte an das Wort des Führers am Tage der Eröffnung der Arbeitsschlacht: „Deutsches Volk, vergiß es nicht, daß die deutsche Physik und Chemie die Welt erobert haben."

Vorträge.

An dieser Stelle soll über die Vorträge aus dem reichhaltigen Programm berichtet werden, die physikalische oder chemische Fragen behandelten.

Prof. Dr. O. Hahn: „Vom Wägbaren zum Unwägbaren."

Der Vortrag sollte eine Vorstellung vermitteln über die Größen der Atome und Moleküle. Das Hauptmeßinstrument des Chemikers, die analytische Waage, gestattet bei Mengen von einigen 100 g auf $^1/_{10}$ mg genau zu wägen; mit besonders konstruierten Waagen läßt sich die Genauigkeit auf das 100fache steigern. Der rein qualitative Nachweis chemischer Verbindungen kann noch weiter getrieben werden: Mit Hilfe des Mikroskops lassen sich noch kleinere Stoffmengen erkennen. Der Vortragende erinnert dabei an den Haberschen Goldnachweis. Eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit ist bei den spektralanalytischen Methoden zu verzeichnen. Auch die Geruchsverfahren lassen außerordentlich kleine Mengen bestimmter Stoffe erkennen, so ist z. B. Merkaptan noch in einer Verdünnung von $1:5\cdot10^{10}$ durch den Geruch wahrzunehmen. Der Vortragende zeigte einige Lichtbilder, auf denen deutlich zu erkennen war, wie kleinste, durch den Regen von einer elektrischen Leitung heruntergewaschene Kupferspuren das Mooswachstum an den darunter liegenden Stellen hemmten. Geringste Substanzmengen können also durchaus als starke Gifte wirken, andererseits können solche Mengen, wie an dem Beispiel der Hormone gezeigt wurde, aber auch lebenswichtig sein; eine Menge von $\frac{1}{50\cdot10^6}$ mg des Wuchsstoffes Auxin gibt bei Haferkeimlingen eine deutliche Wirkung. An die Grenzen der Atome sind wir deswegen bei weitem noch nicht herangekommen, so enthält z. B. ein hundertmillionstel Gramm Gold immer noch etwa 30 Billionen Atome. Ein Gedankenexperiment kann eine ungefähre Vorstellung von der Kleinheit der Moleküle vermitteln: In einem Trinkglas voll Wasser sollen alle darin vorhandenen Wassermoleküle irgendwie kenntlich gemacht sein. Schüttet man dieses Wasser in den Ozean, so wird es sich nach Verlauf einer gewissen Zeit gleichmäßig in allen Weltmeeren verteilt haben. Schöpft man dann an irgendeiner Stelle des Meeres ein Glas Wasser heraus, so werden sich darin 2000 der zuerst gekennzeichneten Wassermoleküle wieder vorfinden.

Zu dem Nachweis von Stoffmengen, die in den Größenordnungen der Atome liegen, gelangen wir nur bei den radioaktiven Elementen bzw. bei Elementumwandlungen.

Prof. Dr. Föttinger: „Versuche aus der neueren Strömungslehre."

Die hauptsächlich von Ingenieuren aufgebaute neuere Strömungslehre ist aus der klassischen Hydrodynamik und der empirischen „Hydraulik" entstanden. Die vom Vortragenden vorgeführten Versuche entstammen einem zuerst an der Danziger, dann an der Berliner Technischen Hochschule seit 1910 aufgebauten Lehrgang.

Die Nichtumkehrbarkeit von Flüssigkeitsströmungen im Gegensatz zur Umkehrbarkeit von elektrischen und Wärmeströmungen wird gezeigt; die letzteren geben kongruente Stromlinien bei Polvertauschung. Als Anwendung der Nichtumkehrbarkeit von Flüssigkeitsströmungen wird eine primitive Kolbenpumpe ohne Ventile vorgeführt. Eine Ausnahme von dieser Erscheinung bildet die schnelle Wechselströmung in Flüssigkeiten. Nach diesem Prinzip werden zahlreiche Stromlinien aus der Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus dargestellt, von denen einige gezeigt werden. Für praktische Zwecke wichtig ist die geradlinige Transportströmung um verschiedene Körper, sowie die Strömung im Krümmer. Mit Hilfe eines Gerätes zur Bestimmung des Rotors des Stromfeldes werden die Sekundärströmungen im einfachen und Doppelkrümmer gemessen.

Anschließend werden Versuche zum Impulssatz der Strömungslehre vorgeführt. Es wird gezeigt, daß die Reaktionskraft beim reversiblen und irreversiblen Strömungsvorgange gleich ist. Die Reaktion der strömenden Luft auf von ihr getragene Bälle wird an einigen Beispielen gezeigt. Ein weiterer Versuch behandelte die Hohlraumbildung (Kavitation) in strömenden Flüssigkeiten, die zum ersten Male im Jahre 1896 an den schnell laufenden Propellern des englischen Torpedojägers „Daring", später an Wasserturbinen, Unterwasser-Schallsendern u. a. beobachtet worden war. Mit dieser Hohlraumbildung sind außerordentlich starke Korrosionen der festen angrenzenden Teile verbunden. Der Vortragende hat als erster den mechanischen Charakter dieser Korrosionen festgestellt. Die Erscheinung der Kavitation wurde an einer Doppeldüse und einem Ventil vorgeführt.

Eine Erscheinung, die zuerst an der vom Vortragenden konstruierten Turbo-Kupplung beobachtet wurde, ist die der Rotationsturbulenz. Diese Turbo-Kupplung („FÖTTINGER-Transformator") ist eine Sonderform der hydrodynamischen Übertragungen und wird u. a. angewendet als Übertragung bei den Diesel-Anlagen der deutschen Panzerkreuzer, bei Triebwagen, Automobilen, Kampffahrzeugen. Ein Versuch mit einem rotierenden doppelten U-Rohr veranschaulichte diese Erscheinung. Der Wirkungsgrad einer Übertragung von mechanischer in hydraulische Energie konnte auf 98 bis 99% gesteigert werden und der einer doppelten Übertragung (mechanische in hydraulische und wieder mechanische Energie) auf 97 bis 98%.

Dr. H. KRÖNCKE: „Einige Versuche zur Erklärung der Lippenpfeife."

Der Vortragende führt ein Verfahren vor, wie auf einfache Weise die Obertöne einer Pfeife ermittelt werden können. In die Pfeife wird eine auf ihren Grundton abgestimmte Glasröhre eingeführt; ein Ton kann dann entstehen, wenn das Ende des Glasrohres sich gerade in einem Bewegungsbauch befindet, es entsteht dann nur der betreffende Teilton. Weitere Versuche zeigen die Abhängigkeit der Tonerzeugung von der Geschwindigkeit des aus der Düse der Pfeife austretenden Luftstrahles und dem Abstand zwischen Düse und Lippe. Ein sehr anschaulicher Versuch läßt die Teiltöne einer Pfeife an einem in ihrem Inneren ausgespannten glühenden Draht erkennen.

Prof. Dr. J. EGGERT: „Farbenphotographie nach dem Linsenrasterverfahren."

Einige Versuche erläutern zunächst das Wesen der Farbe, soweit es für die Photographie wichtig ist. Die Nachahmung natürlicher Farbtöne durch additive Mischung von Rot, Grün und Blau wird an Beispielen gezeigt. Die bisher üblichen Verfahren zur Photographie in natürlichen Farben verwenden photographische Platten, die ein unmittelbar vor der lichtempfindlichen Schicht liegendes unregelmäßiges Punktraster (Kornraster) besitzen; dieses setzt sich aus feinsten durchsichtigen Körnchen zusammen, die abwechselnd rot, grün und blau gefärbt sind. Nach dem Entwickel- und Umkehrprozeß erhält man ein farbiges Diapositiv.

Das Linsenrasterverfahren, das in seinen Grundzügen im Jahre 1909 von dem Franzosen BERTHON angegeben wurde, ist in neuerer Zeit von den Firmen Agfa und Kodak so weit entwickelt worden, daß es in vieler Beziehung das Kornrasterverfahren übertrifft; besonders ist damit erst eine bequeme Farben-Kinematographie möglich geworden. Bei diesem Verfahren geschieht die Zerlegung des weißen Lichtes in die drei Grundfarben bereits vor dem Objektiv durch ein geeignet zusammengestelltes Aufsteck-Filter. Auf einem in die Bildebene gebrachten Schirm würde durch die sammelnde Wirkung des Objektivs jedoch nur wieder ein weiß-schwarzes Bild entstehen. Um jetzt verschiedene Teilbilder für die Farben rot, grün, blau zu erhalten, ist auf die der Schicht abgewandten Seite des Films eine fortlaufende Reihe von kleinen konvexen Zylinderlinsen eingepreßt, die von dem Licht getroffen werden, bevor es die lichtempfindliche Schicht erreicht. Die Brennweite dieser Linsen entspricht also ungefähr der Filmdicke; der Abstand zweier benachbarter Linsen beträgt bei dem Agfafilm 0,028 mm. Es entstehen also hinter jeder kleinen Zylinderlinse drei schwarz-weiß-Bilder, die den Farbenanteilen einer Bildzone von Linsenbreite entsprechen. Bei der Vorführung des Films wird der Strahlengang umgekehrt, das Farbenfilter für die Wiedergabe muß allerdings der anderen spektralen Lichtemission der Projektionslampe angepaßt werden. Die vorgeführten Filme zeigten, was das Verfahren bisher leistet; dabei war es auffällig, daß der rote Farbton besonders schön und kräftig wiedergegeben wurde.

Hofrat Prof. Dr. W. SCHLENK: „Freie organische Radikale."

Radikale sind nach der heutigen Definition Atomgruppen mit unpaaren Elektronen. Schon

Gay-Lussac und Liebig versuchten, freie Radikale herzustellen, dieser das Benzoyl, jener das Cyan. Im Jahre 1900 konnte Gomberg durch Einwirkung von Metallen auf Triphenylchlormethan das erste freie Radikal, nämlich Triphenylmethyl, gewinnen.

$$(C_6H_5)_3CCl + Me \rightarrow MeCl + (C_6H_5)_3C \ldots$$

Triphenylmethyl ist gelb gefärbt, wie überhaupt alle freien Radikale farbig sind. In Berührung mit Luft oxydiert es sich fast augenblicklich zum Superoxyd $(C_6H_5)_3C—O—O—C(C_6H_5)_3$. Das Triphenylmethyl kommt in Lösung in zwei Modifikationen vor, die miteinander im Gleichgewicht stehen, in einer gefärbten monomolekularen und in einer farblosen dimolekularen. $2(C_6H_5)_3C \rightleftharpoons (C_6H_5)_3C—C(C_6H_5)_3$. Die freien Radikale zeichnen sich durch hohe Additionsfähigkeit aus, z. B. gegen Jod, Stickstoffoxyd, Stickstoffdioxyd, Natrium. Die Herstellungsweise und die Eigenschaften des freien Radikals Pentaphenyläthyl werden gleichfalls beschrieben und durch Versuche erläutert.

Eine andere Klasse von freien Radikalen stellen die von Schlenk entdeckten Metallketyle dar. Das Herstellungsverfahren wurde vorgeführt. Benzophenon wurde in ätherischer Lösung mit Natrium behandelt:

$$\begin{matrix} C_6H_5 \\ C_6H_5 \end{matrix}\!\!>\!C=O + Na \rightarrow \begin{matrix} C_6H_5 \\ C_6H_5 \end{matrix}\!\!>\!C\!<^{ONa}.$$

Unter Einwirkung von Sauerstoff entsteht daraus das entsprechende Keton und Natriumsuperoxyd.

Ein Radikal mit zweiwertigem Stickstoff ist der Diphenylstickstoff, der durch Dissoziation von gelöstem Tetraphenylhydrazin entsteht:

$$\begin{matrix} C_6H_5 \\ C_6H_5 \end{matrix}\!\!>\!N—N\!<\!^{C_6H_5}_{C_6H_5}.$$

Auch Radikale mit einwertigem Schwefel sind bekannt. Durch Erhitzen von Phenyldisulfid dissoziiert dieses teilweise zum Phenylsulfid:

$$C_6H_5—S—S—C_6H_5 \rightleftharpoons 2\,C_6H_5 \cdot S \ldots.$$

Für die Existenz freier Radikale hat Pauly eine auf wellentheoretischer Grundlage beruhende Erklärung gegeben.

Prof. Dr. O. Spengler: „Ergebnisse der Kohlehydratforschung."

Der Vortragende berichtet zunächst über Versuche, die feststellen sollten, ob eine kohlehydratfreie Ernährung des Menschen möglich ist. Die Versuche haben ergeben, daß sich diese auf die Dauer nicht durchführen läßt; besonders die Herztätigkeit der Versuchspersonen litt darunter. Dagegen sei es möglich, eine von Eiweiß und Fett freie Nahrung dem Menschen dauernd zuzuführen, ohne daß der Gesundheitszustand dadurch beeinträchtigt werde.

Es werden anschließend die Aufnahme und Verarbeitung der Kohlehydrate im menschlichen und tierischen Organismus erläutert, auf die Rolle der Enzyme bei der Spaltung von Zucker wird eingegangen. Die Wirkung eines solchen Enzyms, nämlich der von der I. G. Farbenindustrie hergestellten Biolase auf eine Stärkelösung wurde im Versuch vorgeführt; in kurzer Zeit hatte sich aus dieser bei passender Temperatur eine erhebliche Menge Glucose gebildet. Das u. a. in Dahlienknollen enthaltene Inulin wird gespalten zu Fruktose. Der Vortragende weist bei dieser Gelegenheit auf die in volkswirtschaftlicher Beziehung augenblicklich unzweckmäßige Herstellung von Holzzucker hin. Eine Ähnlichkeit mit Kohlehydraten zeigt im chemischen Aufbau das Vitamin C (l-Ascorbinsäure); es ist kürzlich synthetisch hergestellt worden. Zum Schluß seines Vortrages gibt Herr Prof. Spengler noch an Hand von Lichtbildern einige Hinweise auf die Konstitution der Zucker.

Dr. M. Wolf: „Versuche aus dem Gebiet der Radioaktivität."

Der Vortrag behandelte hauptsächlich die Eigenschaften des Mesothoriums 1, das bei der Fabrikation der seltenen Erden aus Monazitsand anfällt. Weitgehende Anwendung finden die Salze des Mesothoriums 1 als Zusatz zu Zinksulfid-Leuchtfarben (Zifferblätter von Uhren u. ä.). Die Halbwertzeit von 6,7 Jahren ist für diesen Zweck ausreichend, denn auch die Leuchtfarben selbst büßen während dieser Zeit erheblich an Wirkung ein, so daß es also keinen Sinn hätte, teures Radiumsalz für diesen Zweck zu verwenden. Als weitgehender Ersatz für Radium wird das Mesothorium auch bei der Krebsbehandlung verwendet.

Gleichfalls der Krebsbehandlung dienen mit Thorium X gefüllte Stäbchen, die in das erkrankte Gewebe eingestochen werden. Thorium X hat eine Halbwertzeit von 3,64 Tagen, und es ist daher ausgeschlossen, daß ein nicht mehr entfernbares Stäbchen unbeabsichtigte Wirkungen nach der Heilung hervorbringt.

Prof. Dr. E. Meyer: „Fortschritte der technischen Akustik (Akustische Meßtechnik und musikalische Akustik)."

Der erste Teil des Vortrages behandelte die Messung der Schallintensität. Die für gewöhnlich auftretenden Schallenergien, auch die vom Ohr als sehr stark empfundenen, sind so gering, daß sie einer kräftigen Verstärkung bedürfen, um gemessen werden zu können. Diese Verstärkung ist durch die Entwicklung der modernen Verstärkerröhren erst möglich geworden. Zur Prüfung der Güte von Lautsprechern sowie vor allem bei Lärmstreitigkeiten finden solche Schalldruckmesser bereits Anwendung; ein derartiges Meßinstrument wurde vorgeführt.

Im zweiten Teile zeigte der Vortragende, wie eine Klanganalyse gewonnen werden kann. Besondere Anwendung hat dieses Verfahren beim Bau von Musikinstrumenten gefunden. Eine Zusammenstellung der Klangspektren für die gebräuchlichsten Musikinstrumente ist bereits erfolgt. Außer dem Klangspektrum ist für jedes Instrument auch noch der Tonansatz, d. h. der zeitliche Intensitätsverlauf maßgebend. Die Verhältnisse wurden an dem von O. Vierling entwickelten Elektrochord erläutert. Je nach der Art der Tonabnahme von den ohne Resonanzboden schwingenden Saiten konnten die Klangwirkungen von Cembalo, Klavier, Orgel usw. erzeugt werden.

Dr. E. Brüche: „Das Elektronenmikroskop, Grundlagen und Anwendung."

Ein Strom von Elektronen kann sowohl als ein Bündel von Korpuskularstrahlen als auch als ein Wellenvorgang aufgefaßt werden. Tritt ein Elektronenstrom in ein elektrisches oder magnetisches Feld ein, so wird seine Geschwindigkeit eine Änderung erfahren, ebenso wie ein Lichtstrahl eine Änderung seiner Geschwindigkeit erfährt, wenn er in ein optisch dichteres oder dünneres Medium eintritt. Will man bei einem Elektronenstrom linsenartige Wirkungen durch ein elektrisches Feld erzeugen, so muß man dem elektrischen Feld eine gewölbte Gestalt geben, was durch Kondensatoren geeigneter Form erreicht werden kann. In der Elektronenoptik arbeitet man daher mit elektrischen oder auch mit magnetischen Linsen. Das zu untersuchende Material wird als Glühkathode ausgebildet und sendet daher Elektronen aus, die in geeigneter Weise gebrochen werden, ähnlich wie ein lichtaussendender Körper durch Glaslinsen in vergrößertem Maßstabe abgebildet wird. Bei dem Elektronenmikroskop kann man theoretisch zu stärkeren Vergrößerungen kommen als bei der optischen Abbildung, praktisch ist jedoch die äußerste Grenze noch nicht erreicht.

Studienrat Dr. Th. Meyer: „Gittergesteuerte Stromrichter."

Es wurde ein Film vorgeführt, der in Trickaufnahmen die einzelnen Teilvorgänge zeigte, die bei der Gleichrichtung von Wechselstrom und Drehstrom in Quecksilberdampfgleichrichtern eine Rolle spielen.

Prof. Dr. L. Bergmann: „Neue Versuche mit elektrischen und akustischen Schwingungen"[1].

Ein neuer Röhrensender für elektrische Wellen bis herunter zu 150 cm Wellenlänge wurde vorgeführt. Der Sender soll für Unterrichtszwecke dienen, er kann direkt ans Lichtnetz angeschlossen werden. Außerdem wurden die bekannten Hertzschen Versuche mit elektrischen Wellen von nur 55 cm Wellenlänge in einer neuen, besonders anschaulichen Form vorgeführt.

Die akustischen Schwingungen waren Gegenstand des zweiten Teiles des Vortrages. Die Schwingungen einer Stimmgabel, die mittels eines in passendem Zeitmaß unterbrochenen Lichtstrahles zum Schwingen angeregt wurde, wurden mit Hilfe eines Verstärkers sichtbar gemacht. Der Versuch wurde dann ausgedehnt auf die Schwebungen zweier gegeneinander etwas verstimmter Stimmgabeln; die Schwebungen waren von jeder Stelle des großen Hörsaales aus gut zu sehen.

Schließlich führte Herr Prof. Bergmann Versuche vor, die auf optischem Wege den Nachweis der Oberschwingungen und der Schwingungsform piezoelektrischer Quarzplatten erbrachten. Es wurde ein Weg gezeigt, wie es möglich ist, mit sichtbarem Licht Laue-Diagramme an künstlich hervorgebrachten Raumgittern zu erzeugen.

[1] Vgl. den gleichnamigen Aufsatz von L. Bergmann in dieser Zeitschrift 47, 154 (1934).

Studienrat Dr. Heussel: „Versuche zum Induktionsgesetz."

Der Vortrag brachte einige Schulversuche mit einfachen Mitteln. Zuerst wurde der Verlauf der induzierten Spannung beim Durchgang eines Magnetstabes durch eine Induktionsspule gezeigt. Der Vorgang, den man gewöhnlich sich in Bruchteilen einer Sekunde abspielen läßt, wurde auf einige Minuten auseinandergezogen. Mittels eines sich langsam drehenden Spiegels wurde die Spannungskurve an der Tafel dargestellt.

Der zweite Versuch diente der Veranschaulichung des Induktionsgesetzes. Durch Veränderung des Querschnittes eines flüssigen Leiters wurde ein Strom hergestellt, dessen Stromstärke mit konstanter Geschwindigkeit anwächst, und es wurde die Abhängigkeit der induzierten Spannung von dieser Geschwindigkeit gezeigt.

Privatdozent Dr. U. Hofmann: „Neue Forschungen über aktive Kohle."

Nach einer Demonstration der verschiedenen Kohlearten und ihrer Eigenschaften geht der Vortragende etwas näher auf die Kristallstruktur des „amorphen" Kohlenstoffes ein. Durch Debye-Scherrer-Aufnahmen ist nachgewiesen, daß auch der „amorphe" Kohlenstoff aus kleinen Graphitkristallen besteht; eine weitere Stütze dieser Anschauung ist, daß das elektrische und das Wärmeleitvermögen bei diesen Kohlenstoffarten gleich dem im Graphit ist. Das Adsorptionsvermögen des Kohlenstoffes wird am Kristallmodell erklärt. Die Verbindungen des Graphits: Graphitsäure, Graphitfluorid, Graphitbisulfat werden vorgeführt.

Der Grund für das verschiedene Adsorptionsvermögen von Graphit und aktiver Kohle liegt in ihrer Teilchengröße. Eine gute A-Kohle adsorbiert ihr eigenes Gewicht an Tetrachlorkohlenstoff. Eine automatisch arbeitende Apparatur zur Aufnahme von Adsorptionsisothermen wird vorgeführt. Der Vortragende zeigt ferner die Synthese von Bromwasserstoff mit A-Kohle als Katalysator. Die Katalysatorwirkung wird durch Bildung eines Oberflächen-Bromides erklärt. Schließlich wird der Unterschied im Adsorptionsvermögen zwischen A-Kohle und der etwa gleich aussehenden Hochofenschlacke mit der bekannten Ätherrinne vorgeführt.

Oberstudiendirektor Dr. H. Petzold: „Schulversuche aus dem Gebiete des Luftschutzes."

Während der vorhergehende Vortrag die wissenschaftlichen Grundlagen des Gasschutzes durch aktive Kohle behandelte, geht dieser Vortrag auf die Versuche ein, die in der Schule auf diesem Gebiet und darüber hinaus auf dem gesamten Gebiete des Luftschutzes gemacht werden können. Die Wirkung der A-Kohle wird gezeigt an der Adsorption von Bromdampf, von Äther und von Benzol. Bei dem zuletzt erwähnten Versuche werden verschiedene Sorten A-Kohle und auch Silika-Gel und Diatomit benutzt, um die Aktivität bzw. Nicht-Aktivität verschiedener Stoffe zu zeigen. Die Adsorption von Ätherdampf durch reine A-Kohle und A-Kohle, die mit Kohlendioxyd gesättigt war, wird in einem anderen Versuch mit der Waage verfolgt. Die Adsorptionswärme wird

mit einem einfachen Thermoskop für das ganze Auditorium sichtbar gemacht. Schließlich wird auch noch die Desorption von dampfgesättigter Kohle gezeigt.

Weitere Versuche behandeln die Wirksamkeit der Chemikalienschicht im Gasmaskeneinsatz. Ein Luft-Chlor-Gemisch wird über Thiosulfat (auf Bimskies niedergeschlagen) geleitet, desgleichen ein Luft-Ammoniak-Gemisch über Kupfersulfat.

Die Wirkung der Schwebstoff-Filter wird mit verschiedenen Schwebstoffen und Filtermaterialien vorgeführt, desgleichen das Unwirksamwerden eines Schwebstoff-Filters durch Verstopfung der Filterporen.

Die nächste Gruppe von Versuchen behandelt die Vernichtung von Kohlenoxyd durch einen Kupferoxyd-Mangandioxyd-Katalysator. Die Verbrennungswärme des Kohlenoxyds wird mit dem Thermoskop sichtbar gemacht.

Einige Sauerstoff-Atmungsgeräte stellen den Sauerstoff auf chemische Weise bei der Atmung her. Um deren Wirkungsweise vorzuführen, wird hydratisiertes Natriumsuperoxyd (Proxylen) mit Kohlendioxyd behandelt.

Am Schluß werden einige Versuche mit Hölzern und Geweben gezeigt, die zum Schutz gegen leichte Entzündbarkeit mit verschiedenen Salzen imprägniert sind. *R. Scharf.*

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Bericht über die Vereinstätigkeit im 40. Vereinsjahr (Schuljahr 1933/34).

A. Vorträge.

21. Oktober 1933. Professor Dr. Rudolf Beranek: Versuchsanordnungen zum neuen Unterrichtsgang in der Elektrizitätslehre.

Ingenieur Josip Sliškovič: Einführungsvortrag für eine Besichtigung der Betriebsstätten der Fa. Kapsch & Söhne.

28. Oktober 1933. Elektromechaniker Ferdinand Ohme: Das Ohme-Kontaktrad.

4. November 1933. Ingenieur Josip Sliškovič: Rundfunkgeräte von heute mit modernsten Röhren in modernsten Schaltungen. (Hochfrequenz-Penthoden, -Binoden, -Hexoden, Pentagrid-Converterröhren. Fadingausgleich, automatische Lautstärkeregelung. Stille Abstimmung.)

11. November 1933. Ingenieur Hanns Koch: Wie entsteht die Glühlampe?

18. November 1933. Ingenieur Ferdinand Brandner: Der kompressorlose Dieselmotor.

21. November 1933. Dr. Hans Tollner: Die österreichische Jan Mayen-Expedition im Polarjahre 1932/33.

25. November 1933. Josef Fuchs: Methoden der modernen Präzisionszeitmessung und ihre Anwendung auf geophysikalische Probleme.

9. Dezember 1933. Professor Dr. Karl Ippisch: Wechselstromresonanzversuche beliebiger Frequenz.

13. Januar 1934. Universitätsdozentin Dr. Franziska Seidl: Experimente aus dem Gebiete der Elektrizitätslehre.

27. Januar 1934. Professor Dr. Wladimir Maxymowicz: Chemie der Azofarbstoffe in Schulversuchen.

30. Januar 1934. Vorführung von technischen Filmen durch den Österreichischen Lichtbild- und Filmdienst des Bundesministeriums für Unterricht.

10. März 1934. Vorführung von Schulversuchen mit einfachen Mitteln durch die Herren Professor Dr. Rudolf Beranek, Schulrat Josef Deisinger, Schulrat Hans Kellermann und Hauptschullehrer Paul Koller.

17. März 1934. Dr. Fritz Bräutigam: Fortschritte auf dem Gebiete des Mikroskopbaues unter besonderer Berücksichtigung der neuen Auflichtapparate der Fa. C. Reichert, Wien XVII.

Viktor Spann: Ein neuer Taschenkino- und Reklamefilmapparat.

Franz Demetzky: Flugmodelle für Schule und Haus.

24. März 1934. Ingenieur Ferdinand Gantner: Die Entwicklung der Radioröhre von der Batterieröhre zur Hochvoltröhre.

14. April 1934. Kraus-Feier zur Erinnerung an die beiden gründenden Mitglieder des Vereines Regierungsrat Konrad Kraus und Direktor Dr. Isidor Kraus: Vorführung von Schulversuchen mit einfachen Mitteln durch die Herren Schulrat Josef Deisinger, Hauptschullehrer Leopold Dobrowolny, Hauptschullehrer Josef Edelmaier, Professor Dr. Paul Ernst, Schulrat Hans Kellermann, Hauptschullehrer Paul Koller und Hauptschullehrer Josef Kurt.

17. April 1934. Josef Stolitzka: Vorkommen und Gewinnung des Erdöles mit besonderer Berücksichtigung Österreichs (Zistersdorf).

21. April 1934. Professor Dr. Paul Ernst: Das elektrische Auge. Referat über den derzeitigen Stand unseres Wissens über den lichtelektrischen Effekt und seine praktische Verwertung unter Berücksichtigung seiner Besprechung im Unterrichte.

28. April 1934. Josef Fuchs: Die modernen Methoden des Fernsehens und ihre physikalischen Grundlagen.

5. Mai 1934. Dr. Karl Hermann Schwarz: Österreichs große Forscher und Erfinder.

12. Mai 1934. Professor Dr. techn. Ingenieur Wladimir Maxymowicz: Chemie des Azetons in Schulversuchen.

2. Juni 1934. Universitätsprofessor Dr. Hermann Mark: Atomzertrümmerung.

B. Besichtigungen.

25. Oktober 1933: Betriebsstätten der Telephon-, Telegraphen- und Radiobaufabrik der Kapsch & Söhne A.G., Wien, XII, I. Teil.

29. November 1933: Desgl., II. Teil.

23. März 1934: Uraniasternwarte und Zentraluhrenanlage der Urania; Führung Professor Dr. Oswald Thomas.

23. Mai 1934: Erdölbohrungen auf dem Steinberge bei Zistersdorf in Nieder-Österreich; Führung Josef Stolitzka.

16. Juni 1934: Wasserleitungsanlagen der 2. Wiener Hochquellenleitung bei Mauer (Druck-

entlastungskammer und Turbinenanlage, Übergangskammer, Gütenbach-Syphon); Führung Schulrat HANS KELLERMANN.

Vereinsleitung.

Obmann: O. ö. Universitätsprofessor, Vorstand des chem.-analyt. Laboratoriums Dr. ADOLF FRANKE.

Obmann-Stellvertreter: Hofrat Dr. KARL BRUNO und Studienrat FRIEDRICH BRANDSTÄTTER.

Geschäftsführer: Regierungsrat KARL MÜLLNER (Wien, IV, Schelleingasse 39/10).

Vereinszeitschrift: „Physik und Chemie"; Hauptschriftleiter Dr. RUDOLF BERANEK (Wien, VI., Amerlingstraße 6).

Korrespondenz.

Ernst Grimsehl zum Andenken.

Am 30. Oktober 1934 sind 20 Jahre verflossen, seit ERNST GRIMSEHL bei Langemarck den Heldentod starb. Die POSKEsche Zeitschrift bewahrt diesem ausgezeichneten Mitarbeiter und Förderer ihrer Bestrebungen eine treue Erinnerung.

37. Herbstferienlehrgang der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin vom 1. bis 11. Oktober 1934.

I. Vorlesungen.

1. Studienrat Dr. SCHEER: Rassenbewegung und Rassenverteilung in Europa. — 2. Prof. Dr. ZIMMER: Naturkundemuseum und Schule (mit Aussprache). — 3. Oberregierungsrat Dr. HAID: Sprengstoffe, ihre Herstellung und ihre Wirkung. 4. Prof. Dr. NOACK: Die Bedeutung der Hormone für die Pflanze. — 5. Prof. Dr. MANGOLD: Über die Grenzen von Leben und Tod. — 6. Kustos und Privatdozent Dr. MARKGRAF: Die Arbeitsmethoden der neueren Pflanzengeographie. — 7. Dr. RUTTKE: Der bevölkerungspolitische Gehalt der nationalsozialistischen Gesetzgebung.

II. Übungen.

1. Oberstudienrat Dr. OTTO in Verbindung mit Dr. LIPS: Ausgewählte Übungen zum biologischen Unterricht mit Berücksichtigung der Vererbungslehre. — 2. Prof. Dr. TRENDELENBURG: Physiologische Übungen. — 3. Studienrat Dr. SCHÖNEBERG: Übungen aus der mikroskopischen Anatomie der Tiere und Herstellung von mikroskopischen Präparaten für den Schulunterricht. — 4. Dr. HÜTTIG: Sexualität und Fortpflanzung als Grundlagen der Vererbung. — 5. Oberstudienrat Dr. STEINBACHER: Die Rassengliederung in der Tierwelt. — 6. Dr. SCHWARZ: Erbkundliche Übungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. — 7. Dr. SCHARF, Oberstudienrat Dr. OTTO, Studienrat Dr. SCHEER: Übungen und Experimentalvorträge über Luft- und Gasschutz (Behandlung chemischer, biologischer und erdkundlicher Fragen).

III. Besichtigungen.

1. Museum für Naturkunde. — 2. Kaiser Wilhelm-Institut für Anthropologie und menschliche Erblehre. — 3. Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung. — 4. Zoologischer Garten.

Neues Sonderheft der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. Als Heft 15 der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft erscheint: F. MOELLER, Die Dreielektrodenröhre und ihre Anwendung. I. Teil: Übungen an der Dreielektrodenröhre mit den zugehörigen theoretischen Erläuterungen.

Die Arbeit stellt im wesentlichen den Lehrgang über Elektronenröhren, den die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den letzten Jahren eingerichtet hat, in erweiterter Form dar. Wie alle Lehrgänge der Hauptstelle, legt auch dieser das Gewicht auf Übungen und praktische Messungen am Objekt. Daher enthält das neue Heft als Hauptteil ein Praktikum über die Eigenschaften und Verwendungszwecke der Röhre. In 5 Abschnitten werden der Aufbau der Röhre und ihre physikalischen Grundlagen, die Röhre als Spannungs- und Leistungsverstärker, als Wechselstromgenerator, als Modulator hochfrequenter Schwingungen (Telephonie) und als Gleichrichter (Richtverstärker und Audion) behandelt. Weil alle Messungen zwecklos sind, wenn die notwendige theoretische Einsicht fehlt, ist jedem Abschnitt ein theoretischer Teil vorangestellt, der, ohne sich allzuweit in Einzelheiten zu verlieren, eine Übersicht über den Stoff bietet. Als Versuchsröhren sind Verstärkerröhren (RE 604, RE 134 usw.) gewählt worden. Es hatte keinen Sinn, große Röhren zu benutzen, deren Betrieb den weitaus meisten Anstalten nicht möglich ist, da zu umfangreiche Mittel verfügbar sein müßten. Die Röhrengesetze können auch durch Versuche und Messungen an kleinen Röhren festgestellt werden, die mit Anodenspannungen bis zu 220 Volt arbeiten. Zu einer Reihe Versuche, insbesondere an der schwingenden Röhre, sind trotzdem noch zahlreiche Geräte erforderlich. Das Heft zeigt aber, daß zahlreiche andere Versuche und Messungen sich mit verhältnismäßig kleinen Mitteln anstellen lassen.

Das vorliegende Heft enthält ein Bild des Direktors der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Herrn Professor **Hans Matthée**, der am 15. Oktober sein 60. Lebensjahr vollendet. Herausgeber und Verlag verbinden mit dem herzlichsten Glückwunsche die Hoffnung, daß seine Kraft auch weiterhin noch viele Jahre der Zeitschrift erhalten bleiben möge. Sie glauben einem Wunsche des Jubilars zu entsprechen, wenn sie darauf verzichten, eingehend auf seine an sich jedem Leser bekannten entscheidenden Verdienste um die Zeitschrift besonders hinzuweisen.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1934.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0^h W.Z. = Mitternacht Bürgerliche Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = W.Z. + 1^h.

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl.[1]	Sternzeit[2]	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1934	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Nov. 2	14 26	−14,5	−16 21	02 42 19	14 36	−16,1	14 11	−12,1	10 43	+ 9,8	14 11	−12,2	21 38	−15,7
,, 7	14 46	−16,0	−16 18	03 02 02	14 14	−12,6	14 35	−14,2	10 54	+ 8,8	14 15	−12,5	21 38	−15,7
,, 12	15 06	−17,5	−15 54	03 21 44	14 06	−10,6	15 00	−16,3	11 05	+ 7,7	14 20	−12,9	21 38	−15,6
,, 17	15 26	−18,8	−15 09	03 41 27	14 13	−10,9	15 25	−18,1	11 15	+ 6,7	14 24	−13,2	21 39	−15,6
,, 22	15 47	−19,9	−14 03	04 01 10	14 32	−12,6	15 51	−19,7	11 25	+ 5,7	14 28	−13,6	21 40	−15,5
,, 27	16 08	−21,0	−12 38	04 20 53	14 58	−15,0	16 17	−21,1	11 35	+ 4,6	14 32	−13,9	21 41	−15,4
Dez. 2	16 30	−21,8	−10 54	04 40 35	15 26	−17,4	16 43	−22,3	11 45	+ 3,6	14 36	−14,2	21 42	−15,3
,, 7	16 51	−22,5	− 8 53	05 00 18	15 56	−19,7	17 10	−23,2	11 55	+ 2,7	14 40	−14,5	21 43	−15,2
,, 12	17 13	−23,0	− 6 39	05 20 01	16 28	−21,7	17 38	−23,8	12 04	+ 1,7	14 44	−14,8	21 44	−15,1
,, 17	17 35	−23,3	− 4 17	05 39 44	17 01	−23,2	18 05	−24,0	12 13	+ 0,8	14 48	−15,1	21 46	−14,9
,, 22	17 58	−23,4	− 1 49	05 59 27	17 35	−24,3	18 33	−24,0	12 22	− 0,1	14 52	−15,4	21 47	−14,8
,, 27	18 20	−23,4	+ 0 40	06 19 09	18 10	−24,9	19 00	−23,7	12 31	− 1,0	14 55	−15,6	21 49	−14,6
Jan. 1	18 42	−23,1	+ 3 06	06 38 52	18 45	−24,8	19 27	−23,0	12 39	− 1,8	14 59	−15,9	21 51	−14,5

[1] Zeitgleichung = mittlere Sonnenzeit − wahre Sonnenzeit.
[2] Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort $\lambda°$ östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^s{,}657 \cdot \lambda°$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit. Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich von Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1934	h m	h m	h m	h m	1934	h m	h m	h m	h m	1934	h m	h m	h m	h m
Nov. 2	06 56	16 30	01 20	14 18	Nov. 27	07 40	15 54	21 53	12 09	Dez. 22	08 09	15 49	17 14	09 31
,, 7	07 06	16 21	07 44	15 49	Dez. 2	07 48	15 50	02 39	13 11	,, 27	08 11	15 51	23 08	10 52
,, 12	07 15	16 12	12 39	21 06	,, 7	07 55	15 47	09 11	16 00	Jan. 1	08 11	15 56	04 11	12 13
,, 17	07 24	16 05	14 03	02 45	,, 12	08 01	15 46	11 41	23 12					
,, 22	07 32	15 59	16 17	09 20	,, 17	08 06	15 47	13 03	04 39					

Mondphasen 1934 W.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Nov. 7 04^h $43{,}6^m$	Nov. 14 02^h $39{,}4^m$	Nov. 21 04^h $26{,}3^m$	Nov. 29 05^h $39{,}0^m$
	Dez. 6 17^h $24{,}9^m$	Dez. 13 10^h $51{,}6^m$	Dez. 20 20^h $53{,}3^m$	Dez. 29 02^h $08{,}1^m$

Verfinsterungen der Jupitertrabanten in W.Z. (E = Eintritt, A = Austritt).

I	II	III
Dez. 13 04^h $26{,}8^m$ E	Dez. 23 05^h $39{,}7^m$ E	Dez. 13 04^h $26{,}3^m$ E
,, 20 06^h $20{,}5^m$ E		,, 13 06^h $21{,}4^m$ A

Aufgang (A) und Untergang (U) der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

	Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1934	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Nov. 2	A 7,2	U 16,4	A 6,5	U 16,5	A 1,1	U 14,9	A 6,5	U 16,4	A 4,2	U 23,5
,, 12	A 5,6	U 15,8	A 7,1	U 16,2	A 1,0	U 14,5	A 6,0	U 15,9	A 3,6	U 22,9
,, 22	A 5,6	U 15,5	A 7,6	U 16,1	A 0,8	U 14,0	A 5,5	U 15,3	A 2,9	U 22,3
Dez. 2	A 6,3	U 15,2	A 8,1	U 16,0	A 0,7	U 13,4	A 5,1	U 14,7	A 2,3	U 21,7
,, 12	A 7,2	U 15,2	A 8,6	U 16,0	A 0,5	U 12,9	A 4,7	U 14,1	A 1,7	U 21,1
,, 22	A 7,9	U 15,3	A 8,8	U 16,3	A 0,3	U 12,4	A 4,2	U 13,5	A 1,0	U 20,5
Jan. 1	A 8,5	U 15,7	A 9,0	U 16,7	A 0,1	U 11,9	A 3,7	U 13,0	A 0,4	U 19,9

Sonne: Dez. 22, 13^h Wintersolstitium. — **Merkur:** Nov. 3, innere Konjunktion; Nov. 6, 17^h, 0,3° südlich Jupiter; Nov. 11 stationär; Nov. 19, größte westliche Elongation 19°; Dez. 31, untere Konjunktion. — **Venus:** Nov. 2, 3′ südlich Jupiter; Nov. 18, untere Konjunktion. *S. Janß.*

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W 8.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.
Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.